



جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني
الإدارة المركزية لشئون الكتب

علم الأحياء للفص الثالث الثانوى

إعداد

أ. حسن السيد الهراس أ.د. أمين عرفان دويدار
أ.د. عدلى كامل فرج أ.د. عبدالله محمد إبراهيم
أ. أحمد محفوظ كامل أ.د. محمد عبد الحميد شاهين
أ. عبد المنعم عبد الحميد الطناني أ. على حسن عبدالله

مراجعة

أ.د. فاطمة محمد مظهر

أشرف على

مكتب تنمية مادة العلوم

أشرف تربوى وتعديل ومراجعة
مركز تطوير المناهج والمواد التعليمية

طبعة ٢٠١٩ - ٢٠٢٠ م

غير مصرح بتداول هذا الكتاب خارج وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني

لجنة إصدار الكتاب المطور

د. أحمد رياض السيد	د. عبد المنعم أبو العطا
أستاذ علم الحيوان	أستاذ علم النبات
أ. حسن السيد محرم	د. أمانى العوضى
خبير بيولوجي	خبير مركز تطوير المناهج

أ. شادية أحمد صديق
موجه عام سابق
مستشار العلوم
أ. يسرى فؤاد سويرس

طبعة ٢٠١٩ - ٢٠٢٠ م

تقديم

انطلاقاً من النهضة التعليمية التي تمر بها مصر في الوقت الحالي، والمحاولة الجادة والمخلصة لتطوير التعليم بجميع مراحله، وبخاصة تطوير نظام الثانوية العامة بهدف التخفيف عن كاهل أبنائنا وبناتنا، وبهدف التركيز على الكيف في التعليم وليس على الكم والاهتمام بتنمية قدرات الفهم والتحليل والابتكار، بدلاً من الحفظ والاستظهار..

فقد تفضل الأستاذ الدكتور / وزير التربية والتعليم بإعطاء توجيهاته لتطوير كتاب الأحياء ليضئ بتحقيق أهداف مادة الأحياء دون تكرار أو تزييد في تفاصيل غير جوهرية.

وقد كلف الأستاذ الدكتور وزير التربية والتعليم بتشكيل فريق عمل من أساتذة الجامعات لإنجاز هذه المهمة، وذلك بالتنسيق والتعاون مع موجهي وخبراء من الوزارة ومن الميدان، وبمشاركة بعض مؤلفي الكتاب.

وهكذا يظهر كتاب الأحياء في شكله المطور، والذي نتمنى أن يساعد الطلاب والطالبات على استيعاب محتواه، ويحقق لهم النجاح والتفوق.

وقد قام المركز الاستكشافي للعلوم بالتجهيزات الفنية والإخراج الفني لهذا الكتاب طبقاً للمواصفات العالمية للكتب الدراسية المطبوعة، مع مراعاة ألا يزيد عدد الأسطر في الصفحة الواحدة عن ٢٤ سطر لأراحة العين، والإكثار من الصور المعبرة عن المادة العلمية، واستخدام كود ألوان لتحديد المفاهيم الهامة والتطبيقات المختلفة والأمثلة المحلولة، والاهتمام بتصميم الغلاف كعامل جذاب للطالب.

ونتمنى أن يحقق الكتاب بصورته الجديدة النجاح لأبنائنا..

والله ولي التوفيق
لجنة التطوير

محتوى الكتاب

الصفحة	الموضوع	
٥	■ التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية	الباب الأول
٥	الفصل الأول: الدعامة والحركة	
٢٣	الفصل الثانى: التنسيق الهرمونى	
٣٩	الفصل الثالث: التكاثر	
٧٧	الفصل الرابع: المناعة	
١٠٣	■ البيولوجيا الجزيئية	الباب الثانى
١٠٣	الفصل الأول: الحمض النووى DNA	
١٢١	الفصل الثانى: الأحماض النووية وتخليق البروتين	



الباب الأول

التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الأول

الدعامة والحركة في الكائنات الحية

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادر على أن:

- يتعرف مفهوم الحركة في الكائنات الحية .
- يتعرف مفهوم الدعامة في الكائنات الحية.
- يفسر سبب التضاف المعاليق حول الدعامة .
- يفرق بين الشد في المعاليق وفي جذور الكورمات والابصال .
- يذكر وظائف الجهاز العضلي في الانسان .
- يتعرف تركيب العضلة.
- يفسر آلية الحركة .
- يوضح التأزر بين الأجهزة الثلاث ، الهيكلية والعصبية والعضلية .
- يتعرف الوحدة الحركية التي تعتبر الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.
- يفسر سبب اجهاد العضلة .
- يكتسب مهارة :

أ - التعبير بالرسم مثل رسم الفقرات العظمية .

ب - الضفص المجهرى لحركة السيتوبلازم

في خلايا ورقة نبات اللوديا.

ج - الربط بين التركيب والوظيفة في الهيكل

العظمى والجهاز العضلي .



الدعماءة في النبات

يحتوى النبات على وسائل وأجهزة دعمية تدعمه وتحافظ على شكله وتقيه وقد تكون وسيلة هذه الدعامة فسيولوجية تتناول الخلية نفسها ككل أو تكون الوسيلة تركيبية بأن ترسب على جدر الخلية أو هي أجزاء منها مواد صلبة قوية كالسايالوز والجنين. وقد تتجاوز ذلك لتشمل موقع انتشارها.

أ - الدعامة الفسيولوجية

إذا وضعت بعض ثمار الفاكهة المنكشعة أو الضامرة في الماء فأنك تلاحظ بعد فترة أنها قد امتصت الماء وكبرت في الحجم.

وبالعكس إذا أخذت بعض البذور الفضة كالنبسة أو الفول وتركها مدة طائفة لا تكبث أن لتكش وتضمحل ويحول المتفاحا نتيجة لفقد خلاياها للماء وبالتالي يزيل عنها المتفاحا وتوترها.

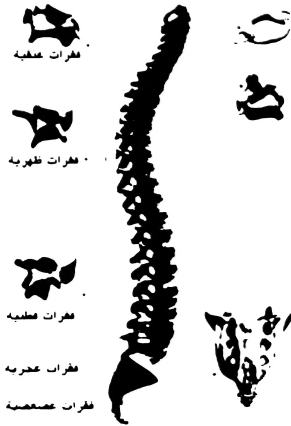
ويقال للخلية أنها قد انتفخت إذا دخل فيها الماء بالطاسية الأسموزية ليصل إلى هجولها الصارية . فيزيد حجمه وبالتالي يزداد ضغطه . فيضغط على البروتوبلازم ويدفعه للخارج نحو الجدار - الذي يتمدد نتيجة لزيادة الضغط عليه . وكذلك ذبول سوق وأوراق النباتات العقيمة عندما تملأ من جفاف التربة فتورطى. فإذا ما رويت التربة استعادت استقامتها نتيجة لانتفاخ خلايا أنسجتها الداخلية.

ب - الدعامة التركيبية :

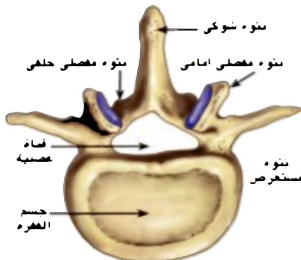
يلجأ النبات إلى وسائل أخرى كثيرة لدعمه منها أن يرسب بعض المواد في جدر خلاياه لكي تتحمل خلايا النباتات الخارجية مسئولية الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية والحيولة دون فقد الماء من خلاياها فأنه قد يزداد من سمك جدر خلايا البقرة وبخاصة الخارجية منها أو يرسب عليها مادة الكيولتين هير المنفذة للماء أو يحيط النبات نفسه بطبقة من خلايا هينية هير منفذة للماء مرسب فيها مادة السيويرين . وقد يرسب في جدر خلاياه أو في أجزاء منها مادة السايالوز أو الجنين ليكسيها صلابة وقوة مثل الخلايا الكونشيمية وكذلك الخلايا الاسكرنشييمية مثل (الأنابيب والخلايا الحجرية) كما أن موقع هذه الخلايا وأماكن تواجدها وانتشارها يدعم النبات.

الجهاز الهيكلى فى الإنسان

يتكون الجهاز الهيكلى من الهيكل العظمى. الغضاريف والمفاصل والأربطة والأوتار
اولا الهيكل العظمى يتكون من ٢٠٦ عظمة وكل عظمة شكل وحجم يناسبان الوظيفة التى تقوم بها.



شكل (١) العمود الفقرى



شكل (٢) الفقرة المعطبة

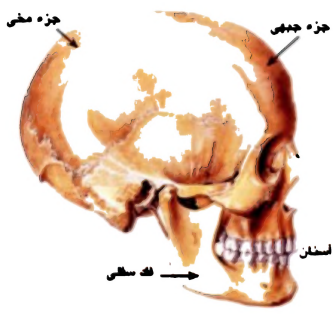
ويتكون الهيكل العظمى من محور يعرف بالعمود الفقرى يتصل طرفه العلوى بالجمجمة. كما يتصل به فى منطقة الصدر القفص الصدرى والطرفان العلويان بواسطة عظام الكتف. أما الطرفان السفليان فيتصلان بالعمود الفقرى من اسفل بواسطة عظام الحوض. ويطلق على العمود الفقرى وعظام الجمجمة والقفص الصدرى الهيكل المحورى. أما الأخرى والأطراف الأربعة فيطلق عليها الهيكل الطرفى..

(١) الهيكل المحورى يتكون من

(١) العمود الفقرى يتكون من ٣٣ فقرة تقسم الى خمس مجموعات وتختلف فى الشكل تبعاً لمنطقة وجودها وهى عبارة عن ٧ فقرات عنقية متمفصلة (حجمها متوسط). ١٢ فقرة ظهرية متمفصلة (أكبر حجماً من سابقتها). ٥ فقرات قطنية متمفصلة (أكبرها جميعاً وتواجه تجويف البطن) ٥ فقرات عجزية (عريضة ومفلطحة وملتحمة معاً). ٤ فقرات عصبية (صغيرة الحجم وملتحمة معاً (شكل ١)). يعمل العمود الفقارى كدعامة رئيسية للجسم وحماية الحبل الشوكى ويساعد فى حركة الرأس والنصف العلوى من الجسم.

تركيب الفقرة العظمية

- تتكون الفقرة من جزء أمامى سميك جسم الفقرة. يتصل به من الجانبين زائدتان عظمتان. النتوءان المستعرضان. كما يتصل به من الخلف حلقة عظمية. الحلقة الشوكية. وتحمل زائدة



شكل (٣) الجمجمة

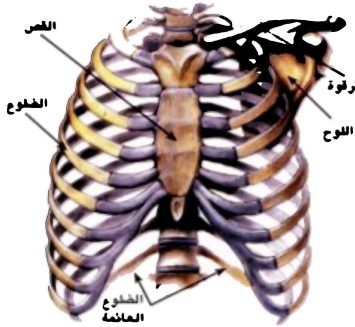
خلفية مائلة إلى أسفل تعرف (بالتواء الشوكي)
(شكل ٢).

- تحيط الحلقة العصبية بقناة عصبية يمتد
بداخلها الحبل الشوكي لحمايته.

(٢) الجمجمة، علبة عظمية تتكون من،

١- جزء خلقي (الجزء المخي) يتكون من ٨
عظام تتصل ببعضها عند أطرافها المسننة
اتصالات متينة وتشكل هذه العظام تجويفاً يستقر
فيه المخ لحمايته. ويوجد في قاع الجزء المخي
قلب كبير يتصل من خلاله المخ بالحبل الشوكي
(شكل ٣).

٢- جزء أمامي (الجزء الوجهي) ويشمل عظام الوجه والفكين ومواضع أعضاء الحس (الأذن والعينان
والأنف).



شكل (٤) القفص الصدري

(٣) القفص الصدري، علبة مخروطية
الشكل تقريباً تتصل من الخلف بالفتحات
الظهرية (١٢ فتحة) ومن الأمام بالقفص
عظمية مقلصة ومدببة من أسفل وجزؤها
الأسفل غضروفي، ويتكون القفص الصدري
من اثنا عشر زوجاً من الضلوع. (شكل ٤).
عشرة أزواج منها تصل بين الفقرات الظهرية
وعظمية القص وزوجان قصيران لا يتصلان
بالقص وهي تسمى الضلوع العائمة، والضلوع
عظمية مقوسة تنحني إلى أسفل وتصل من

الخلف بجسم الفقرة وتكونها المستعرض. وتتحرك هذه الضلوع إلى الأمام والجانبين لتزيد من اتساع
التجويف الصدري أثناء الشهيق في عملية التنفس وبالعكس أثناء الزفير. ويعمل القفص الصدري على
حماية القلب والرئتين.

(ب) الهيكل الطرفي، يتكون من

(١) العظام الصدري والطرفان العلويان،

يتركب العظام الصدري من نصفين متماثلين ويتركب كل نصف من لوح الكتف وهو عظمة كهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلي عريض والخارجي مدبب به فتوة تتصل به (الترقوة) وهي عظمة باطنية رقيقة.. ويوجد عند الطرف الخارجي لعظمة لوح الكتف التجويف الأروحي الذي يستقر فيه رأس عظمة العضد مكوناً المفصل الكتفي.

يتكون الطرف العلوي من، العضد والساعد (الزائد والكعبرة) وباطراف العلوي الزائد تجويف يستقر فيه الفتوة الداخلي للعضد - والكعبرة أسفل حجما وتتحرك حركة نصف دائرية حول الزائد الثابت وعظام اليد تتكون من،

- الرسغ يتكون من ٨ عظام في صفين يتصل طرفها العلوي (بالطرف السفلي للكعبرة)، والطرف السفلي بعظام راحة اليد (شكل ٥).

- عظام راحة اليد تتكون من ٥ عظام رقيقة مستطيلة تؤدي

إلى عظام الأصابع الخمسة التي

يتكون كل منها من ٣ سلاميات رقيقة

هذا أصبع الإبهام فيتكون من

سلاميتين فقط.

(٢) العظام الحوضي

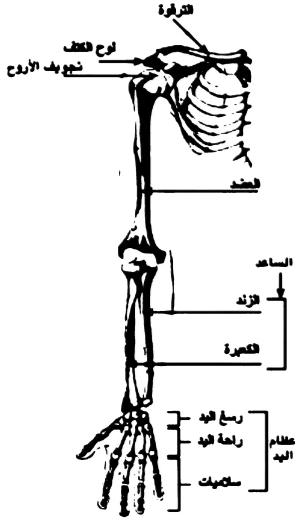
والطرفان السفليان،

تتكون عظام الحوض (شكل ٦)

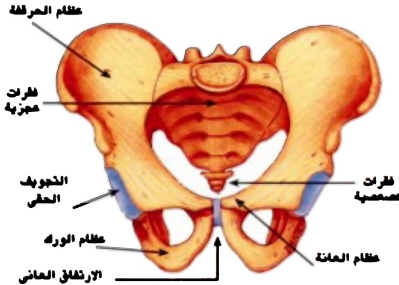
من نصفين متماثلين يلتحمان في

الناحية الباطنية في منطقة تسمى

بالارتفاق العاني ويتكون كل نصف منهما من عظمة الحرقفة الكهرية التي تتصل من الناحية الأمامية



شكل (٥) الطرف العلوي



شكل (٦) عظام الحوض



عظام الطرف السفلي
شكل (٧) الطرف السفلي

الورك وعند موضع اتصال عظام الحرقفة والورك والملاء يوجد
تجويف عميق يسمى التجويف الحقي، يستقر فيه رأس عظمة الفخذ
ليكون مفصل الفخذ ولتتحم عظام كل نصف ببعضها مكونة عظمة واحدة
يتكون الطرف السفلي من عظمة الفخذ والتي يوجد بأسفلها
توتون كبيران يتصلان بالساق عند المفصل الركبي..
والساق تتكون من عظمتين إحداهما داخلية، القصبة،
والثانية خارجية، الرضفة، - وأمام مفصل الركبة عظمة صغيرة
مستديرة تسمى الرضفة..
وعظام القدم تتكون من رصغ القدم الذي يتكون من ٧ عظام غير منتظمة
الشكل أكبرها هي العظمة الخشبية التي تكون كعب القدم
- ومشط القدم يتكون من ٥ أمشاط رقيقة وطويلة وينتهي كل
منها بالأصبع الذي يتكون من ٣ سلاميات رقيقة هذا الإبهام كله
سلاميتان فقط (شكل ٧).

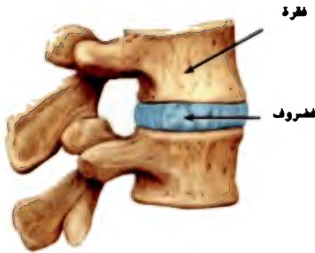
ثانياً : الفضاريات :

نوع من الأنسجة الناعمة . تتكون من خلايا غضروفية وتوجد
غالبا عند أطراف العظام وخاصة عند المفاصل وبين فقرات
العمود الفقري . وذلك لحماية العظام من التآكل نتيجة

احتكاكها المستمر . وتشكل الفضاريات بعض أجزاء الجسم مثل الأذن والأنف والقصب الهوائية للرتين . ولا
تحتوي الفضاريات على أوعية دموية . لذا تحصل على الغذاء والأكسجين من خلايا العظام بالانتشار
ثالثاً : المفاصل،

يوجد في الهيكل العظمي ثلاثة أنواع من المفاصل هي المفاصل الليفية والمفاصل الغضروفية والمفاصل
الزلاقية

- ١ - المفاصل الليفية : تتحم العظام عند هذه المفاصل بواسطة أنسجة ليفية ومغطيا ٤ تسمح
بالحركة . ومع تقدم العمر يتحول النسيج اليفي الى نسيج عظمي . كما في عظام الجمجمة التي ترتبط
بعضها من خلال أطرافها المسننة
- ٢ - المفاصل الغضروفية : هي مفاصل ترتبط بين نهايات بعض العظام المتجاورة . ومغطيا تسمح بحركة
محدودة جدا مثل المفاصل الغضروفية التي توجد بين فقرات العمود الفقري (شكل ٨)



شكل (٨) المفاصل الغضروفية

٢- المفاصل الزلالية : تشكل معظم مفاصل الجسم . ويغطي سطح العظام المتلامسة هي المفاصل بطبقة رقيقة من مادة غضروفية شفافة ولساء مما يسمح بحركة العظام بسهولة وبأقل احتكاك وهي من المفاصل المرنة التي تتحمل الصدمات وتحتوي هذه المفاصل على سائل مصلّي أو زلالي تسهل من انزلاق الغضاريف التي تكسو أطراف العظام

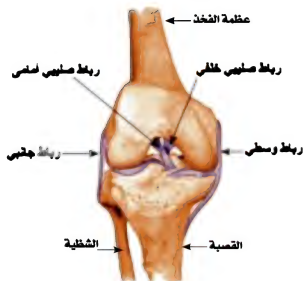
من أمثلة المفاصل الزلالية :

● مفصل الكوع ومفصل الركبة وهي من المفاصل محدودة الحركة لأنها تسمح بحركة أحد العظام في اتجاه واحد فقط

● مفصل الكتف ومفصل الورك وهي من المفاصل واسعة الحركة التي تسمح بحركة العظام في اتجاهات مختلفة

رابعا : الأربطة :

عبارة عن حزم منفصلة من النسيج الضام اللينّي . تثبت أطرافها على عظمتي المفصل . حيث تعمل على ربط العظام ببعضها عند المفاصل وتحديد حركة العظام في الاتجاهات المختلفة . وتتميز ألياف



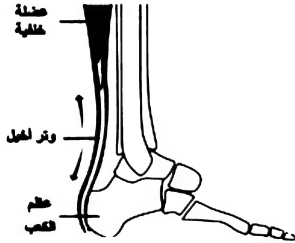
شكل (٩) الأربطة في مفصل الركبة

الأربطة بمطانتها القوية ووجود درجة من المرونة تسمح بزيادة طولها قليلا حتى لا تنقطع في حالة تعرض المفصل لضغط خارجي . ولكن في بعض الحالات قد يحدث تمزق للأربطة عند حدوث التواء في بعض المفاصل كما في الرباط الصليبي في مفصل الركبة

خامسا : الأوتار :

عبارة عن نسيج ضام قوي يعمل على ربط العضلات بالعظام عند المفاصل . بما يسمح للحركة عند

القباض والانبساط العضلات . ومن أمثلة ذلك وتر أخيل الذي يصل العضلة التوأمية (عضلة بطن الساق)



شكل (١٠) وتر أخيل

بعضلة الكعب ، وفي بعض الأحيان يتمزق هذا الوتر بسبب مجهود عنيف أو تقصص العضلات المفاجئ ، وانعدام المرونة في العضلات ، ومن أمراض تمزق وتر أخيل هو عدم القدرة على المشي ونقل في حركة القدم والام حادة ، ويعالج بالأدوية المضادة للالتهابات والمسكنة للألام ، واستخدام جبيرة طبية ، أما التدخل الجراحي فلا يحدث إلا إذا كان تمزق الوتر كاملا .

الحركة في الكائنات الحية

الحركة، ظاهرة تميز جميع الكائنات الحية، فحركته تنشأ ذاتيا نتيجة لإثارته فعندما يتعرض لإثارة ما فإنه يستجيب لها إيجابا أو سلبا، وفي كلتا الحالتين تكون الاستجابة حركة. والحركة في الكائن الحي لها أنواع عديدة. هناك حركة داخلية داخل كل خلية من خلايا الكائن الحي تسير نشاطاته الحيوية كالحركة السيتوبلازمية وهناك حركة موضعية لبعض أجزاء الكائن الحي كالحركة الدودية في امعاء الفقاريات وهناك حركة كلية يتحرك بها الكائن الحي من مكان إلى آخر بحثا عن الغذاء أو سميا وراء الجنس الآخر أو تلافيا لخطر في بيئته.

وتؤدي حركة الحيوان وتنقله من مكان إلى آخر لزيادة انتشاره، وكلما كانت وسائل الحركة في الحيوان قوية وسريعة كلما اتسعت دائرة انتشاره.

ولا يمكن لهذا الحيوان أن يحتفظ بتوازنه ولا أن يتحرك دون أن يكون له مركز صلب يتصل به العضلات. وقد تكون مثل هذه الدعامة خارجية كما في المفصليات أو داخلية كما في الفقاريات فتسمى هيكل الحيوان. وقد يكون الهيكل الداخلي ضروريا كما في الأسماك الفسروفية أو عظميا كما في الأسماك العظمية. وكثيرا ما كان الهيكل ذاته يتكون من قطع تتصل ببعضها اتصالا مفصليا يتيح الحركة.

أولاً، الحركة في النبات Locomotion in plant

تتأثر أوراق بعض النباتات باللمس فتتحرك استجابة لهذا المثير. فهند لمس وريقة نبات المستحية فإنها تتدلى كما لو كان أسنانها النحول. وتعرف هذه الحركة بالحركة عن طريق اللمس.



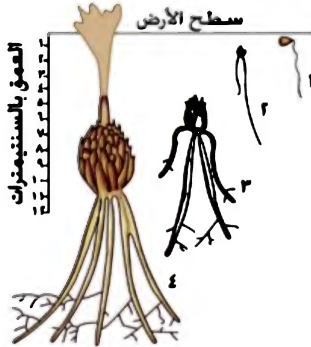
شكل (١١) حركة المحالين

كما أن نفس النبات وبعض البقوليات تتقارب وريقاتها إذا ما أقبل الليل ويتوالى النور والظلام تنشأ في الورقات حركة انبساط وحركة تقارب أي حركة ينفط ونوم ولهذا تسمى هذه بحركة النوم.

كما أن جميع النباتات تتميز بحركة التحاء وهي استجابات مختلف أجزاء النبات بتأثير الضوء والرطوبة والجاذبية. ونضيف إلى ما سبق دراسته في الإحساس. الحركة عن طريق الشد، وحركة السيترولازم داخل الخلية.

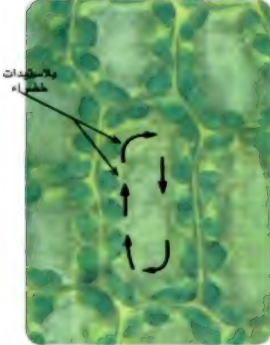
حركة الشد

تبدأ حركة الشد في محالين النباتات المتسلقة كالبازلاء وهي جنور الكورمات والأبصال. ويبدأ الحائق



شكل (١٢) حركة الشد في الجذور لأبصال الترجس

عمله بأن يدور في الهواء حتى يلمس جسماً صلباً. وبمجرد اللمس يلتف حول هذا الجسم الصلب ويوفق التصاقه به. ثم يتموج ما بقي من أجزاء الحائق في حركة لولبية فينقص طوله وبذلك يقترب الحائق نحو الدعامة أي يشدها إلى الدعامة فيستقيم الحائق رأسياً. وبعد ذلك يتلف الحائق بما يتكون فيه من أنسجة دعامية فيقوى ويشد. أما إذا لم يجد الحائق في حركته الدورية ما يلتصق به فإنه ينزل ويموت. ويلاحظ أن سبب حركة المحلاق حول الدعامة هو بدء نمو المنطقة التي تلامس الدعامة على حين يسرع نمو المنطقة التي لا تلامسه فتستعمل مما يؤدي إلى التفاف الحائق حول الدعامة (شكل ١١). أما في الكورمات والأبصال فتوجد الجذور الشادة



شكل (١٣) الحركة الدورانية للسيتوبلازم

أسفلها. ولذلك تستطيع بتكسيها أن تشد النبات إلى أسفل فتجذب بالكورمة والبصلة إلى المستوى الطبقي الملازم. وبفضل هذه الجذور تظل الساق الأرضية المختزلة دائما على بعد ملائم من سطح الأرض يزيد من تصميمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد الرياح (شكل ١٢).

الحركة الدورانية السيتوبلازمية:

من أهم خصائص السيتوبلازم الحي أنه يتحرك في دوران مستمر داخل الخلية. ويوضح لنا ذلك جليا إذا فحصنا خلية ورقة ابوديا (شكل ١٣). وهو نبات مائي تحت القوة الكبيرة للمجهر حيث يلاحظ أن السيتوبلازم يبعث الجدار من الداخل بطبقة رقيقة وينساب في حركة دورانية داخل الخلية في اتجاه واحد. ويستدل على الحركة بدوران البلاستيدات الخضراء المنفصلة في السيتوبلازم. محمولة في تياره.

ثانيا: الحركة في الإنسان

ولما كان الإنسان لراعى الكائنات الحية هسنتناول بالدراسة ههما يلى الحركة فى الإنسان كمثال للثدييات. ولو أنك تأملت حركة يديك وأنت تقلب صفحات الكتاب أو حركة قدميك وأنت فى طريقك إلى المدرسة لوجدت أنك تعتمد فى الحركة على ثلاثة أجهزة هى الجهاز الهيكلى الذى يكون الدعامة للأطراف المتحركة، والجهاز العضلى إذ أن التقباض والانبساط بعض العضلات تحدث حركة الأطراف والجهاز العصبى الذى يعطى الأوامر للعضلات لكى تقوم بعملية الانقباض والانبساط.

الجهاز العضلى Muscular System

الجهاز العضلى عبارة من مجموع عضلات الجسم التى بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة. ويتتركب الجهاز العضلى من وحدات تركيبية تسمى العضلات Muscles ، وهى عبارة من مجموعة من الأنسجة الضمية والتى سبق دراستها فى مقرر الأحياء بالصفه الأولى - وهذه العضلات تمكن الإنسان من القيام بحركاته الميكانيكية وانتقل من مكان لآخر وهى عادة ما تعرف (بالعزم). و عدد عضلات الجسم يمكن تقديرها بحوالى ٦٢٠ عضلة أو أكثر.

وظائف العضلات:

تتميز العضلات بأنها خيطية الشكل بوجه عام. ولها القدرة على الانقباض والانبساط. والالتقاط والنبض
ضروري لتأدية النشاطات والوظائف التالية:-

- الحركة وتشمل تغيير وضع عضو معين من الجسم بالنسبة لبقية الجسم.
- الانتقال من مكان إلى مكان آخر.

ج- استمرار تحريك الدم في الأوعية الدموية والمحافظة على ضغط الدم داخل هذه الأوعية الدموية
من طريق انقباض العضلات الملساء (اللاإرادية) الموجودة في جدرانها.

د- المحافظة على وضع الجسم سواء في الجلوس أو الوقوف وذلك بفضل عضلات الرقبة والجذع والأطراف السفلية.

تركيب العضلة الهيكلية:

كما سبق ودرست فإن العضلة الهيكلية تتركب من عدد كبير من خيوط رقيقة متماسكة مع بعضها تسمى الألياف (الحلأيا) العضلية Muscle Fibers . وكل ليفة (خلية) عضلية تحتوي على مجموعة من ليفيات عضلية Myofibrils يتراوح عددها ما بين ألف إلى ألفين ليفة مرتبة طوليا وموازية للمحور الطولي للعضلة وتحتوي الليفة العضلية على عدد كبير من الأنوية. وتتكون من:

أ- المادة الحية (البروتوبلازم) والسيتوبلازم في العضلات يصرف بالساركوبلازم Sarcoplasm

ب - شفاء خلوي يحيط بالساركوبلازم يعرف بالساركوليم Sarclemma

ج- الألياف العضلية دائما توجد في مجموعات تعرف بالحزم العضلية تحاط بشفاء يعرف بشفاء الحزمة.



شكل (١٤) تركيب العضلات الهيكلية

د- كل ليفة عضلية تتكون من ،

١- مجموعة من الألياف (المناطق العضلية) يرمز لها بالرمز (I)، يقطعها في منتصفها خط داكن يرمز له بالرمز (Z) وتتكون هذه الألياف العضلية من خيوط بروتينية رفيعة تسمى أكتين Actin .

٢- مجموعة من الألياف (المناطق) الداكنة يرمز لها بالرمز (A) وفي منتصف كل منطقة توجد منطقة شبه عضلية يرمز لها بالرمز (H) وتتكون هذه المناطق شبه العضلية من نوع آخر من الخيوط البروتينية السمكية ويعرف بالميوسين Myosin (شكل ١٤)

٣- المسافة بين كل خطين متتاليين (Z) الموجودة في منتصف المناطق العضلية تعرف بالقطعة العضلية

Sarcomere

- ولتلاحظ أن المناطق الداكنة والعضلية توجد فقط في العضلات الهيكلية والعضلات القلبية وهذا جاءت التسمية بالعضلات المخططة وغير موجودة في العضلات الملساء ولذلك سميت بالعضلات غير المخططة.

الانقباض العضلي،

تمتاز العضلات بقدرتها على الانقباض والانبساط، ولذلك فهي المسؤولة عن الحركات المختلفة للجسم. ولكي يتم ذلك على أسلوب متناسقة لابد من تعاون ثلاثة أجهزة رئيسية هي،

أ - الجهاز الهيكلي (العظمي)، هو يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات من جهة ويحمل كدسامة للأطراف المتحركة من جهة أخرى ولذا فالعظام لها دور مهم في حركة أجزاء الجسم المختلفة.

ب- الجهاز العصبي، هو الذي يعطي الأوامر (على شكل سيالات عصبية) للعضلات فهتم الاستجابة تبعاً لذلك بالانقباض أو الانبساط.

ج- الجهاز العضلي، هو المسئول عن الحركة وغالبية العضلات يسيطر عليها الجسم وتسمى بالعضلات الإرادية (الهيكلية أو المخططة) وتشمل معظم عضلات الجسم، وبعضها لا يستطيع الإنسان التحكم فيها تماماً وتسمى لا إرادية كالعضلات الملساء وعضلة القلب.

وبناء على ما سبق لابد من الإجابة على الأسئلة التالية كيف تنقبض العضلة؟ وما تأثير السيالات العصبية على العضلة وفسيولوجية استجابتها لحفز العصب؟ وكيف يتم التناسق والتآزر بين الأجزاء السابقة؟

كيفية انتقال السيالات العصبية إلى العضلة الهيكلية،

١- في العضلات الهيكلية الإرادية السطح الخارجي لشفاء الليف العضلية مشحون بشحنة موجبة بينما يحمل الشفاء الليفي العضلي من الداخل شحنة سالبة. وينشأ عن ذلك فرق في الجهد للفرق في تركيز الأيونات بين خارج وداخل شفاء الليف العضلية.

٢- المؤثر الذى يسبب انقباض العضلة الإرادية هو وصول السيالات العصبية من طريق الخلايا العصبية الحركية الالية من المخ والحبل الشوكى والتي تتصل بنهاياتها العصبية اتصالاً محكماً بالليفه العضليه مكونة لتشابك عصبى - عضلى *Synapse*.

٣- النهايات العصبية للخلايا العصبية تحتوى على حويصلات بها بعض المواد الكيميائية تعرف بالنواقل العصبية مثل الاستيل كولين *Acetylcholine* .

٤- عند وصول السيل العصبى إلى هذه الحويصلات تسبب خروج هذه النواقل العصبية وتقوم أيونات الكالسيوم بدور مهم فى خروج هذه النواقل . والتي لا تكتف أن تسبب فى الفراغ الموجود بين النهايات العصبية وشفاء الليفه العضليه حتى تصل إلى سطح الليفه العضليه الإرادية وبالتالي تسبب تلافى فرق الجهد على شفاء الليفه العضليه والمكاسيا، بمعنى أن السطح الداخلى لشفاء الليفه العضليه يصبح موجيا ويصبح السطح الخارجى لشفاء الليفه العضليه سالباً وذلك لزيادة لظاهرة شفاء الخلية لأيونات الصوديوم فتدخل بسرعة إلى داخل شفاء الليفه العضليه، وعندئذ يوصف شفاء الليفه العضليه بحالة الاستقطاب *Depolarization* وهذا يؤدى إلى انقباض العضله.

٥- فرق الجهد على شفاء الليفه العضليه يعود إلى وضعها الطبيعى بعد جزء من الثانية وذلك بفعل عمل الأنزيم الكولين استيريز (*Cholinesterase*) وهو الأنزيم متوفر فى نقاط الاتصال العصبى العضلى - والذى يعمل على تحطيم مادة الاستيل كولين (يحوله إلى كولين وحامض خليك) وبالتالي يجعل عمله وتعود لظاهرة شفاء الليفه العضليه إلى وضعها الطبيعى فى حالة الراحة (قبل استقبال السيل العصبى) وتكون مهابة للاستجابة للحفز مرة أخرى... وهكذا.

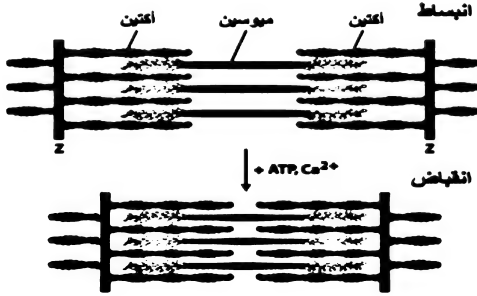
ألية انقباض العضله ، (نظرية الخيوط المنزلة)

ظهرت عدة فروض لتفسير انقباض العضلات وتعتبر فرضية الخيوط المنزلة أو (نظرية الانزلاق) التى اقترحها هكسلى *Huxley* ، أشهر هذه الفروض.

تعتمد هذه الفرضية على التركيب المجهري للخيوط الألياف العضلات. إذ أن كل ليفه عضليه كما ذكرنا سابقا تتكون مجموعة ليفات وكل ليفه تتكون من نوعين من الخيوط البروتينية هما : الأولى خيوط رهيمة الأكتين *Actin* والثانية خيوط هيلكس ميوسين *Myosin*

بعد أن قارن هكسلى باستخدام المجهر الإلكتروني ليفه عضليه فى حالة انقباض بالآخرى فى حالة الراحة استنتج أن الخيوط البروتينية المكونة للألياف العضليه تنزلق الواحدة فوق الأخرى مما تسبب انقباض أو تقلص العضله من طريق وجود روابط مستعرضة تم تكوينها بمساعدة أيونات الكالسيوم وتمتد هذه الروابط من خيوط الميوسين لكى تتصل بخيوط الأكتين. وبالتالي فإن الانقباض العضلى يحدث عندما

تعمل هذه الروابط المستعرضة كخطاطيف تسحب بمساعدة الطاقة المخزنة في جزيئات ATP المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض فينتج عنه انقباض الليف العضلي. أثناء الانقباض تقتارب خطوط (Z) من بعضها. وهكذا تنقبض العضلة. وعند زوال المنبه تبتعد الروابط المستعرضة من خيوط الأكتين فتنبسط العضلة ويتباعد خطوط (Z) من بعضها وتعود القطع العضلية إلى طولها الأساسي شكل (١٥).



شكل (١٥) الانقباض العضلي

تستهلك العضلة جزء من الطاقة المخزنة في ATP في فصل الروابط المستعرضة من خيوط الأكتين. لذا، عند تناقص ATP قد يؤدي ذلك إلى عدم انفصال الروابط المستعرضة من خيوط الأكتين فتظل العضلة في حالة انقباض وغير قادرة على الانبساط.

تحتاج عمليتي اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين أثناء الانقباض والانفصال من خيوط الأكتين من الانبساط إلى الطاقة المخزنة في جزيئات ATP.

ورغم وجود هذه النظرية التي تفسر انقباض العضلات الهيكلية (المخططة) إلا أنها لم تستطع أن تفسر آلية انقباض العضلات الملساء رغم وجود بعض التقارير العلمية التي تشير إلى أن الخيوط البروتينية في ألياف العضلات الملساء تتكون من نوع يشبه إلى حد كبير الخيوط الأكتينية في العضلات الهيكلية.

الوحدة الحركية : Motor Unit

لكي نتعرف على المظاهر الميكانيكية لعملية الانقباض العضلي لابد هنا أن نتعرف على الوحدة الحركية والتي تعتبر الوحدة الوظيفية لعضلة الهيكلية. لأن انقباض العضلات ما هو إلا محصلة انقباض جميع الوحدات الحركية الموزعة للعضلة.



شكل (١٦) الوحدة الحركية

وتتكون الوحدة الحركية (شكل ١٦) من مجموعة من الألياف العضلية والخلية العصبية التي تغذيها وعند دخول الليف العصبي الحركي إلى العضلة، يتفرع إلى عدد كبير من الفروع العصبية، وكل ليف عصبي حركي يغذي عدداً من الألياف العضلية يتراوح ما بين (٥ - ١٠٠) ليف عضلي بواسطة فروعائه النهائية التي يتصل الواحد منها بالصانغ النهائية الحركية Motor End Plate لهذه العضلة ويعرف مكان الاتصال هذا بالوصلة العصبية العضلية

Neuromuscular Junction

إجهاد العضلة، Muscle Fatigue

القباض العضلة بصورة متتالية وسريعة يسبب إجهادها وتعبها وذلك لأن الدم لا يستطيع نقل الأكسجين بالسرعة الكافية ليوفر للعضلة احتياجاتها من التنفس وإنتاج الطاقة. ولهذا تلجأ العضلة إلى تحويل مادة الجلايكوجين (نشا حيواني) إلى جلوكوز الذي لا يلبث أن يتأكسد بطريقة التنفس اللاهوائي (لا يحتاج إلى أكسجين) لإنتاج طاقة تعطي العضلة فرصة أكبر للعمل وينتج عن هذه العملية تراكم حامض معين يسمى حامض اللاكتيك Lactic Acid الذي يسبب تعب العضلة وإجهادها، وتتناقص جزيئات ATP في العضلة بسبب عدم انفصال الروابط المستعمرة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطة بها وتظل العضلة في حالة القباض مستمر. وهذا ما يسبب حدوث الشد العضلي المؤلم.

عند الراحة تصل العضلة كمية كافية من الأكسجين فتقوم بالتنفس الهوائي وإنتاج كمية كبيرة من ATP تعمل على انفصال الروابط المستعمرة عن خيوط الأكتين واليساط العضلة، وبالتالي تبدأ العضلة من جديد في تتابع من الانقباضات والانبساطات.

يمكن أن يتسبب الشد العضلي الزائد عن الحد في تمزق العضلات وحدوث نزف دموي وقد يحدث الشد العضلي أيضاً بسبب وصول النبضات العصبية غير الصحيحة من المخ إلى العضلات مما يتعارض مع الأداء الطبيعي لها.

أسئلة

س ١ اختر الاجابة الصحيحة مما يلي :

١- تحدث الحركة في الانسان بتأثر مجموعة من الاجهزة وهي :

أ- الجهاز العضلي والهيكلى والدورى .

ب - الجهاز التنفسي والعصبي والهيكلى .

ج- الجهاز الهيكلى والعصبي والعضلى .

د - الجهاز الهيكلى والتنفسي والدورى .

٢- المخزون المباشر للطاقة في العضلة هو :

أ- جزيئات ATP ب - الجليكوجين ج- الجلوكوز د - حمض اللاكتيك

٣- يرجع الاجهاد العضلى عند التعب إلى تراكم مركب كيميائى هو :

أ- ثلثى اكسيد الكربون ب - الكحول

ج- حمض اللاكتيك د - الاحماض الامينية

٤- الدمامة الفسيولوجية في النبات تتمثل في :

أ- تقلص جدران الخلايا النباتية لمنع الماء من الخروج من النبات .

ب - انتفاخ الخلايا النباتية نتيجة امتلاكها بالماء .

ج- امتلاء الأوعية الناقلة بالمحاليل الغذائية .

د - ترسيب مادة السيلولوز على جدران الخلايا .

س٢ علل لما يأتى :

١ - التلطف المحلاق حول الدمامة .

٢ - وجود الاحزمة عند اتصال اطراف الحيوان بهيكله المحورى.

٣ - حدوث اجهاد للعضلة الهيكلية .

٤ - الدم في حركة مستمرة داخل الاوعية الدموية

٥ - تآثر فرضيه الخيوط المنزلقة اسج الفروخ التي تفسر آليه الحركة .

٦ - يتوافر المنهم الكولين استيريز في نقاط الاتصال العصبي - العضلى .

س٣ ارسم شكلا مبسطا لإحدى فقرات العمود الفقري في الإنسان .

س٤ ماذا تعرف عن :

الرباط الصليبي - وتر الخيل - المفاصل الزلالية - الصنصص - الحزام الحوضي - الحزام الصدري - لوح الكتف - الحزم الضلعية .

س٥ تعتبر الوحدة الحركية هي الوحدة الوظيفية للمضلة الهيكلية - وضح ذلك مع ذكر مكوناتها

س٦ . تحدث الحركة نتيجة تآزر أو تعاون أجهزة رئيسية في جسم الإنسان هي الهيكل العظمي والمغلي " فسر ذلك .



التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الثاني

التنسيق الهرموني في الكائنات الحية

- في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرا على أن،
- يتعرف دور العلماء في اكتشاف الهرمونات.
 - يذكر أهمية الأوكسينات بالنسبة للنبات.
 - يكتشف وظائف الهرمونات.
 - يذكر أمثلة للغدد الصماء الموجودة في الإنسان.
 - يستنتج خصائص الهرمونات .
 - يقارن بين الغدد الصماء (اللاقنوية) والغدد القنوية في الإنسان .
 - يتعرف دور الغدة النخامية .
 - يستنتج أن الغدة النخامية هي رئيسة الغدد الصماء .
 - يكتشف الغدة الدرقية (غدة النشاط).
 - يوضح وظيفة الغدد الجار درقية.
 - يكتشف الغدتان الكظريتان (غدد الانفعال).
 - يتعرف دور البنكرياس كمنظم للسكر.
 - يستنتج أن البنكرياس غدة مزدوجة قنوية ولا قنوية.
 - يكتسب مهارات، الربط بين المرض وما يسببه (نقص وزيادة في إفراز هرمون معين)
 - يقدر عظمة الخالق في كيفية التنسيق الهرموني في الكائنات الحية.

جهاز الغدد الصماء Endocrine System

جهاز الغدد الصماء هو الجزء الثاني من الأجهزة التي تتحكم في وظائف الجسم مع الجهاز العصبي ولذلك فإن وظائف الجسم المختلفة تكون تحت سيطرة التحكم العصبي والهرموني.

والغدد الصماء هي غدد لا قنوية، تفرز الهرمونات والتي تصب في الدم مباشرة، ولا بد من إفراز هذه الهرمونات بالكميات المطلوبة لكي تؤدي وظائفها على أحسن وجه لأنه إذا زاد إفراز الهرمون أو نقص سيؤدي ذلك إلى الاختلال في الوظيفة مما قد يسبب أمراضا مرضية تختلف من هرمون إلى آخر.

الهرمونات : Hormones

يعرف الهرمون بأنه مادة كيميائية تتكون داخل الغدة وتنتقل عن طريق الدم إلى عضو آخر، الذي عادة ما يؤثر على وظيفته ونموه، ومعظم تأثيرات الهرمونات من النوع المحفز حيث تقوم بتنشيط أعضاء أو غدد أخرى.

اكتشاف الهرمونات الحيوانية:

١- كلود برنار Cloud Bernar

درس في عام ١٨٥٥ وظائف الكبد واعتبر السكر المدخر فيه هو إفرازه الداخلي والصفراء إفراز خارجي.

٢- ستارلينج Starling

وجد في عام ١٩٠٥ أن :

أ- البنكرياس يفرز هضارته الهاضمة فور وصول الغذاء من المعدة إلى الاثني عشر حتى بعد قطع الاتصال العصبي بين البنكرياس وظهره من الأعضاء..

ب- يستنتج أن هناك نوعا من التنبيه غير العصبي.

ج- توصل إلى أن الغذاء المطاطي المبطن الاثني عشر يفرز مواد تسري في تيار الدم حتى تصل إلى البنكرياس فتنبهه إلى إفراز هضارته الهاضمة.

د- سمى هذه الرسائل الكيميائية هرمونات (لفظ يوناني معناه المواد المنقطة).

٣- ويتوالى الدراسات واتساع ميدان البحث العلمي امكن التعرف على الغدد الصماء في جسم الإنسان وعلى الهرمونات الخاصة بكل غدة.

الهرمونات في النبات:

يعتبر يوهين جنسن (١٩١٣) أول من أشار إلى الهرمونات النباتية (الأوكسينات) واستطاع أن يفسر بها التحماء السابق نحو الضوء. فقد أثبت أن منطقة الاستقبال وهي القمة النامية كساق، تفرز مادة كيميائية (الدول حمض الخليك) تنتقل منها إلى منطقة الاستجابة (منطقة الانحناء) وتسبب انحنائها.

والنبات ليس له خدع خاصة بل تفرز الهرمونات (الأوكسينات) من الخلايا الحية في القمة النامية والبراعم - وتؤثر في وظائف المناطق الأخرى.

أهمية الأوكسينات:

- ١- تنظيم تتابع نمو الأنسجة وتنوعها.
- ٢- تؤثر على النمو بالتشجيع أو التثبيط.
- ٣- تتحكم في موعد تفتح الأزهار وتساقط الأوراق ونضج الثمار وتساقطها.
- ٤- تؤثر على العمليات الوظيفية في جميع خلايا وأنسجة النبات.
- ٥- تمكن الإنسان التحكم في إخصاء نمو النبات.

التنظيم الهرموني في الإنسان

يتم دراسة هذا التنظيم في الإنسان كنموذج يمثل قمة التطور. وقد توصل العلماء إلى معرفة الكثير من وظائف الهرمونات من طريق:

- ١- دراسة الأمراض التي تظهر على الإنسان أو الحيوان نتيجة تضخم غدة سماء أو استئصالها.
 - ٢- دراسة التركيب الكيميائي لخلاصة الغدة والتعرف على أفعالها في العمليات الحيوية المختلفة.
- خصائص الهرمونات:

- ١- الهرمونات هي مواد كيميائية عضوية بعضها يتكون من البروتين المعقد والبعض الآخر من مركبات بسيطة كالأحماض الأمينية أو إستيرويدات (مواد دهنية).
 - ٢- تفرز بكميات قليلة لتغير بالميكروجرام (١/١٠٠٠ ملليجرام).
 - ٣- الهرمونات أهمية كبيرة في حياة الإنسان تتمثل في أداء الوظائف التالية:
- أ- اتزان الوضع الداخلي للجسم وتنظيمه.
 - ب- نمو الجسم.
 - ج- النضوج الجنسي.
 - د- التمثيل الغذائي.
- هـ- سلوك الإنسان ولموه العاطفي والتفكير.

الغدد فى الإنسان،

يوجد فى جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الغدد هى،

١- الغدد القنوية Exocrine Glands

تسمى ذات الإفراز الخارجى وتحتوى هذه الغدد على الجزء المفرز وقنوات خاصة بها تصب إفرازاتها أما داخل الجسم (الغدد الصماء) والغدد الكظرية (أو خارج الجسم) (الغدد الدرقية).

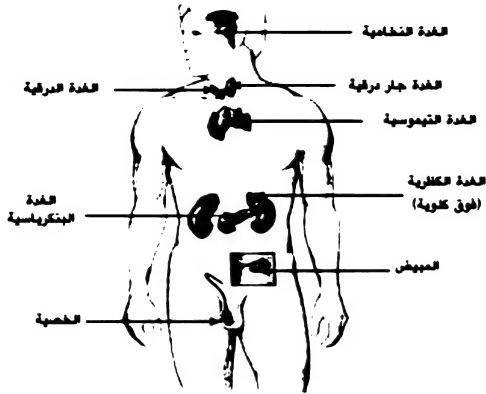
٢- الغدد الصماء Endocrine Glands

تسمى ذات الإفراز الداخلى، وتمتاز هذه الغدد بأن ليس لها قنوات خاصة بها، بل تصب إفرازاتها مباشرة فى الدم وهى مسئولة عن إفراز الهرمونات مثل الغدة الدرقية والغدة الكظرية.

٣- الغدد المشتركة أو المختلطة Mixed Glands

تجمع هذه الغدد بين النوعين السابقين وعليه فإن تركيبها يتكون من جزء غدى قنوى وآخر عبارة عن غدة صماء أو لا قنوية كالبنكرياس.

يحتوى جسم الإنسان على مجموعة من الغدد الصماء موزعة فى أماكن متفرقة من الجسم (شكل ١) ولكل غدة إفراز خاص بها يحوى هرمونا واحدا أو مجموعة هرمونات ومن أمثلة الغدد الصماء فى جسم الإنسان ،



شكل (١) صورة لجسم الإنسان توضح توزيع الغدد

أولاً: الغدة النخامية ، Pituitary Gland

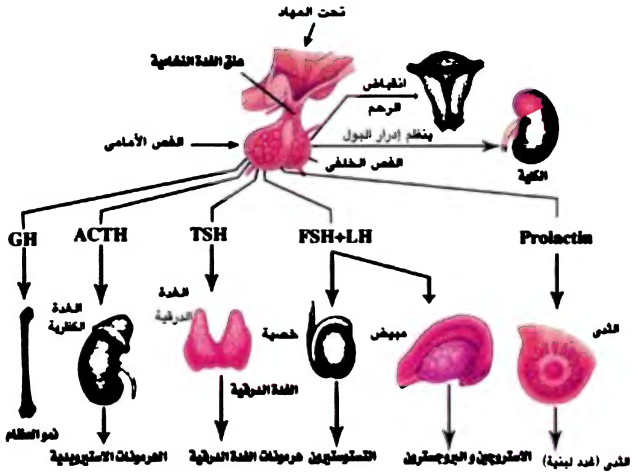
تعتبر الغدة النخامية سيدة الغدد أو الماسترو الذي يتحكم في جهاز الغدد الصماء بأكمله عن طريق الهرمونات التي تفرزها وتؤثر في إفراز معظم الغدد الصماء. وتقع هذه الغدة أسفل المخ وتصل بتحت المهاد (الهيبوثالامس) وتتركب الغدة النخامية من جزئين.

أ- الجزء القدي ، Adenohypophysis

ويتكون من الفص الأمامي والفص الوسطي.

ب- الجزء العصبي ، Neurohypophysis

ويتكون من الفص الخلفي والجزء من المخ المعروف بالقمع أو العنق العصبية.



شكل (٢) هرمونات الغدة النخامية

١- هرمون النمو، (Growth Hormone (GH)

يتحكم في عمليات الأيض وخاصة تصنيع البروتين وبذلك يتحكم في نمو الجسم. والنقص في إفراز الهرمون في حالة المفلولة بسبب القزامة (Dwarfism) وزيادته تسبب العملاقة (Gigantism). وفي البالغين تجنيد نمو الأجزاء البعيدة في المقام الطويلة كالأيدي والأقدام والأصابع وتضخم مقام الوجه وتعرف هذه بحالة الأكروميغالي (Acromegaly)

٢- الهرمونات المنبهة للغدد، Pituitary Trophin

وهي مجموعة من الهرمونات تؤثر على نشاط الغدد الأخرى وتشمل،

أ- الهرمون المنبه للغدة الدرقية، (Thyrotrophin Stimulating Hormone (TSH

ب - الهرمون المنبه لفقرة الغدة الكظرية (Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH

ج- الهرمونات المنبهة للمناسل، Gonadotrophic Hormones

وتشمل :

١ - الهرمون المنبه لتكوين الحويصلة

Follicle - Stimulating Hormone (F S H)

يعمل على نمو الحويصلات في مبيض الأنثى وتحولها إلى حويصلة جرافف. وفي الذكر يساعد على تكوين الأنيبيبات المنوية وتكوين الحيوانات المنوية في الخصية.

٢- الهرمون المنبه للجسم الأصفر (Luteinizing Hormone (LH

يحفز تكوين الجسم الأصفر في الأنثى وفي الذكر بعد هذا الهرمون مسئول عن تكوين وإفراز الخلايا البينية في الخصية، وكلا الهرمونين هام جدا لإكمال عملية التكوين الجنسي للفرد.

٢- الهرمون المنبه لإفراز اللبن ، Prolactin

يعمل على إفراز اللبن من الغدة الثديية .

هرمونات الجزء العصبي:

هرمونات هذا الجزء تفرزها خلايا عصبية موجودة في منطقة تحت المهاد وتعرف بالخلايا العصبية المفرزة وتصل هذه الهرمونات إلى الفص الخلفي وتشمل الهرمونات التالية:

١- الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH) Antidiuretic Hormone

يسمى أيضاً الهرمون القابض للأوعية الدموية (Vasopression H.) ويعمل هذا الهرمون على تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء في النفرون. وكذلك يعمل على رفع ضغط الدم.

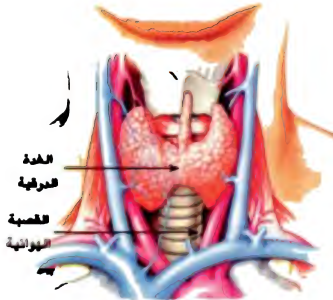
٢- الهرمون المنبه لعضلات الرحم ، Oxytocin Hormone

لهذا الهرمون علاقة مباشرة في عملية تنظيم تقلصات الرحم ويزيدها بشدة أثناء عملية الولادة من أجل إخراج الجنين. ولهذا غالباً ما يستعمله الأطباء لتسريع في عمليات الولادة. كما أنه له أثر مشجع في الانقباض أو نزول الحليب من الثدي اللبنية استجابة لعملية الرضاعة.

ثانياً: الغدة الدرقية Thyroid Gland

تقع هذه الغدة في الجزء الأمامي من الرقبة ملاصقة للقصبة الهوائية وهي غدة حويصلية تميل إلى اللون الأحمر ومحاطة بششاء من نسيج ضام وتكون من فصين بينهما بروز. وظيفتة الغدة الدرقية:

تنتج هذه الغدة هرمون التيروكسين ولابد من وجود اليود تكوین هذا الهرمون ويقوم هذا الهرمون بعدة وظائف في الجسم منها:



شكل (٣) الغدة الدرقية

أ- نمو وتطور القوى العقلية والبدنية.

ب- يؤثر على معدل الإيض الأساسي ويتحكم فيه.

ج- يحفز امتصاص السكريات الأحادية من القناة الهضمية.

د- يحافظ على سلامة الجلد والشعر.

كما تفرز الغدة الدرقية هرمون الكالسيتونين (Calcitonin) الذي يعمل

على تقليل نسبة الكالسيوم في الدم ويمنع سحبه من العظام.

أمراض الغدة الدرقية:

تشاب بعض الحالات المرضية بسبب نقص أو زيادة في إفراز الغدة الدرقية لهرمون الثيروكسين.

١ - نقص إفراز الغدة الدرقية Hypothyroidism

يؤدى ذلك إلى حدوث تضخم في الغدة الدرقية ويسمى التضخم البسيط.

- التضخم البسيط، Simple Goiter

ينتج عن نقص الثيروكسين بسبب نقص اليود في الغذاء والماء والهواء.. ويعالج بإضافة اليود إلى الملح والأغذية المختلفة.

وعدم العلاج من هذه الحالة يؤدى إلى حدوث مضاعفات هي،

أ - مرض القماعة Cretinism

يحدث بسبب نقص حاد في إفراز الغدة الدرقية في مرحلة الطفولة.. ويؤثر ذلك على نمو الجسم والنضج العقلي ويبدو الجسم قصير والرأس كبيره والرقبة قصيرة. وكذلك يؤثر على النضج العقلي للطفل وقد يسبب له تحلفا عقليا وتأخر في النضج الجنسي.

ب - مرض الميكسوديميا (Myxedema)

يحدث بسبب نقص حاد في إفراز الغدة الدرقية في البالغين. ويتميز المرض بجفاف في الجلد وتساقط الشعر وزيادة في وزن الجسم لدرجة السمنة المفرطة وهبوط مستوى التمثيل الغذائي فلا يتحمل البرودة وتقل ضربات القلب ويتعب الشخص بسرعة.. ويعالج المرضى بهرمونات الغدة الدرقية أو مستخلصاتها تحت إشراف طبيب متخصص.

٢ - زيادة إفراز الغدة الدرقية، Hyper Thyroidism

يؤدى ذلك إلى حدوث تضخم في الغدة الدرقية يسمى التضخم الجعوظي،

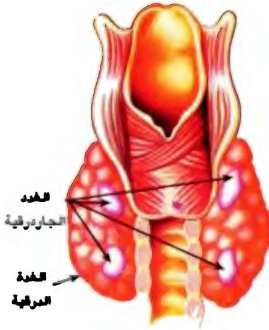
- التضخم الجعوظي، Exophthalmic Goiter

ينتج عن الاطراف في إفراز هرمون الثيروكسين مما يسبب تضخما ملحوظا في الغدة الدرقية والتفاف الجزء الأمامي من الرقبة مع جعوظ في العينين وينتج عن ذلك زيادة في أكسدة الغذاء ونقص في وزن الجسم وزيادة في ضربات القلب وتهيج عصبي. ويعالج باستئصال جزء من الغدة الدرقية أو باستخدام مركبات طبية أخرى.



شكل (٤) التضخم الجعوظي

ثالثا، الغدد جارات الدرقية، Parathyroid Glands



شكل (٥) توضع الغدد الجار درقية

هي غدة تتكون من أربع أجزاء منفصلة التتجان على كل جانب من الغدة الدرقية . وتفرز هذه الغدة هرمون الباراثورمون Parathormone وكمية هذا الهرمون الذي يفرز يعتمد على نسبة الكالسيوم في الدم حيث يكون الإفراز كثيرا عند انخفاض نسبة الكالسيوم في الدم. حيث يعمل على سعة من العظام كما يقوم كلا من هرمون الباراثورمون والكالسيتونين بدور هام في الحفاظ على مستوى الكالسيوم في الدم بمعدلاته الطبيعية .

الزيادة في إفراز الهرمون تتسبب في:
ارتفاع نسبة الكالسيوم في الدم نتيجة سحبه من العظام فتصبح هشة وتعرض للانحناء والكسر بسهولة.
نقص الهرمون يسبب:

- أ- نقص نسبة الكالسيوم في الدم.
- ب - سرعة الانفعال والاضطراب والتهور لأقل سبب.
- ج- تشنجات عضلية مؤلمة.

رابعا، الغدة الكظرية (فوق الكلوية)

Adrenal (Suprarenal Glands)

هناك غدتان كظريتان تقع كل منهما فوق أحد الكليتين وكل غدة تتكون من منطقتين متميزتين من الناحية التشريحية والفسيولوجية، الجزء الخارجى يسمى القشرة Cortex بينما يعرف الجزء الداخلى بالنخاع Medulla والهرمونات التى تفرزها القشرة تختلف عن الهرمونات التى يفرزها النخاع وهى كما يلى:

١- هرمونات القشرة ،

تفرز قشرة الغدة الكظرية العديد من الهرمونات التى تعرف بمجموعة الستيرويدات Steroids ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات هى ،

أ- مجموعة الهرمونات السكرية ، Glucocorticoids

تعمل هرمون الكورتيزون Cortison وهرمون الكورتيكوستيرون Corticosterone ووظيفة هذان الهرمونان هي تنظيم بعض المواد الكربوهيدراتية (السكريات - اللقويات) بالجسم.

ب- مجموعة الهرمونات المعدنية، Mineralocorticoids

منها هرمون الألدوستيرون Aldosterone ، ويلعب هذا الهرمون دوراً هاماً في الحفاظ على توازن المعادن بالجسم، على سبيل المثال يساعد هذا الهرمون على إعادة امتصاص الأملاح مثل الصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكلى.

ج- مجموعة الهرمونات الجنسية Sex Hormones

على الرغم من أن الهرمونات الجنسية تفرز وتنتج من الغدة الجنسية إلا أنه وجد أن لقشرة الكظرية لها دور في إفراز هرمونات لها نشاط مشابه لهرمونات الذكورية التستوستيرون Testosterone والهرمونات الأنثوية الإستروجين Estrogen والبروجستيرون Progesterone ولهذا إذا حدث خلل بين توازن هذه الهرمونات والهرمونات الجنسية المفرزة من الغدة المختصة، فإن ذلك يؤدي إلى ظهور صفات وهوارض الرجولة في النساء وهوارض الأنوثة عند الرجال، وقد يؤدي ذلك إلى ضمور الغدة الجنسية في كلا الجنسين إذا حدث تورمات في لقشرة الغدة.

٢- هرمونات النخاع:

يفرز النخاع هرمونين هما الأدرينالين Adrenaline وهرمون النورادرينالين Noradrenaline ويقوم هذان الهرمونان بعدة وظائف حيوية في حالة الطوارئ التي يوضع فيها الجسم مثل الخوف والإثارة والقتال والهروب، فيعمل الهرمونان على زيادة نسبة السكر في الدم عن طريق تحلل الجليكوجين المخزن في الكبد إلى جلوكوز، وزيادة قوة وسرعة الانقباض القلبي ورفع ضغط الدم، وكل هذه التغيرات تساعد عضلات الجسم للحصول على الطاقة اللازمة للانقباض مع زيادة استهلاك الأكسجين ويظهر ذلك بوضوح أثناء تاديب التمرينات الرياضية.

خامساً: البنكرياس Pancreas

يعتبر البنكرياس من الغدد المشتركة التي تجمع بين الغدد ذات الإفراز الخارجى والغدد الصماء فهو يقوم بسبب إنزيماته الهاضمة والتي تفرزها خلايا حويصلية في الأنتى صفر عن طريق القناة البنكرياسية، كما يقوم بإفراز هرمونات في الدم مباشرة وذلك من خلايا غدية صغيرة متخصصة تعرف بجوز لانجرهانز Islets of Langerhans (شكل ١) ويمكن تمييز لوهين من الخلايا في هذه الجزر،



شكل (١) البنكرياس وجزر لانجرهانز

١ - خلايا ألفا، Alpha Cells ومعددها قليل وتفرز هرمون الجلوكاجون Glucagon.

ب - خلايا بيتا، Beta Cells وتمثل غالبية خلايا جزر لانجرهانز وتفرز هرمون الأنسولين Insulin وكلا الهرمونين لهما علاقة مباشرة باستخدام السكر في الجسم وبالتالي المحافظة على مستوى ثابت من السكر في الدم والتي تبلغ حوالى (٨٠ - ١٢٠ ملليجرام / ١٠٠ سم^٣).

وظيفة هرمون الأنسولين،

- يعمل الأنسولين على خفض تركيز سكر الجلوكوز بالدم وذلك من طريقين،
 - أ - الحث على أكسدة الجلوكوز في خلايا ونسجة الجسم المختلفة ومرور السكريات الأحادية عبر غشاء الخلية إلى داخلها بينما يمر الفركتوز إلى داخل الخلايا دون الحاجة إلى الإنسولين
 - ب - التحكم بالعلاقة بين الجليكوجين المخزن والجلوكوز المنفرد بالدم فهو يشجع تحول الجلوكوز إلى جليكوجين وتخزين في الكبد والعضلات أو إلى مواد دهنية تخزن في أنسجة الجسم المختلفة.
- نقص إفراز هرمون الأنسولين يؤدي إلى الإصابة بمرض البول السكرى Diabetes Mellitus والذي يتميز بالخلل في أبض كل من الجلوكوز والدهون بالجسم.
- والمرضى بمرض البول السكرى يعانون من ارتفاع نسبة الجلوكوز في الدم عن المعدل الطبيعى ولذلك يظهر أيضاً في تحاليل البول. ونتيجة لارتفاع نسبة الجلوكوز في البول الذى يصاحبه إخراج كميات كبيرة من الماء، فإن المريض يعاني من ظواهر تعدد التبول والصفش.

وظيفة هرمون الجلوكاجون،

يعمل على مكن هرمون الانسولين وذلك برفع تركيز الجلوكوز فى الدم وذلك من طريق تحويل الجليكوجين المخزن بالكبد فقط الى جلوكوز.

سادسا: الغدد التناسلية (المناسل) Sex Glands (Gonads)

تفرز المناسل (الخصية - المبيض) بالإضافة إلى وظيفتها الأساسية فى تكوين الجاميتات الذكرية (حيوانات منوية) والأنثوية (البويضات) مجموعة من الهرمونات الجنسية والمسئولة عن نمو الأعضاء التناسلية وظهور الصفات الجنسية.

١- الهرمونات الجنسية الذكرية ، Male Sex Hormones

تعرف أيضاً بالاندروجينات Androgens وتفرزها الخلايا البينية فى الخصية وتعمل هرمونان،

التستوستيرون Testosterone - الأندروستيرون Androsterone

وهما مسئولان عن نمو البروستاتا والحيوانات المنوية وظهور الصفات الجنسية الثانوية فى الذكر.

٢- الهرمونات الجنسية الأنثوية Female Sex Hormones

وتعرف أيضاً بالاستروجينات Oestrogens ، وتفرزها المبيض وهى،

أ - هرمون الاستروجين Oestrogen ويعرف أيضاً بالاستراديول Oestradiol وتفرز من حويصلات جرافاف فى المبيض ويعمل على ظهور الخصائص الجنسية فى الأنثى مثل كبر الغدة الثديية وتنظيم الطمث (الدورة الشهرية).

ب - هرمون البروجسترون Progesterone ، يفرز من الجسم الأصفر فى المبيض والمهيمة ويعمل على انتظام دورة الحمل كتنظيم التفريجات المئوية فى الغشاء المبطن للرحم ليمده لاستقبال وزرع البويضة والتفريجات التى تحدث فى الغدة الثديية أثناء الحمل.

جـ - هرمون الريلاكسين Relaxin يفرز من الجسم الأصفر والمهيمة وبطالة الرحم ويسبب ارتخاء

الارتفاق العالى ويهدد الرحم عند نهاية فترة الحمل لتسهيل عملية الولادة.

سابعا، هرمونات القناة الهضمية Gastrointestinal Hormones

يحتوى الغشاء المخاطى المبطن للقناة الهضمية على غدد تفرز العصارة الهاضمة إلى جانب ذلك يقوم هذا الغشاء بإفراز مجموعة من الهرمونات والتي تنشط غدد القناة الهضمية لإفراز الإنزيمات الهاضمة وعصاراتها المختلفة كهرمون الجاسترين الذى يفرز من المعدة وينتقل خلال الدم إلى المعدة مرة أخرى ليحفها على إفراز العصير المعدى وهرمون السكرتين **Secretin** وهرمون الكوليسستوكينين **Cholecystokinin** والذان يفرزان من الأمعاء الدقيقة، وينقلا عبر الدم إلى البنكرياس ليحفثانه على إفراز العصارة البنكرياسية.

أسئلة

س(١) علل لما يأتي،

- حدوث الصلابة في الأطفال.
 - يطلق على الفدة النخامية رئيسة الفدد السماء.
 - إفراز اللبن من الفدة الثديية للصبدة المرضع.
 - حدوث التقباضات لعضلات الرحم في أثناء الولادة (الطلق).
 - إصابة بعض الأفراد بالتضخم الجحوظي.
 - زيادة إفراز هرمون الباراثورمون يجعل العظام هشة ومعرضة للكسر.
 - ظهور علامات الذكورة على بعض الإناث البالغة نتيجة للاختلال الهرموني.
 - يهين إفراز الأدرينالين مواجهة حالات الخطر والانفعال والهجوم في حالة الغضب.
 - البنكرياس غدة مزدوجة.
 - شعور مريض السكر دائما بالعطش.
 - إصابة مريض السكر أحيانا بتهبوبة السكر.
 - يستخدم خلاصة الفص الخلفى للفدة النخامية للمساعدة في عمليات الولادة المتعسرة.
- س(٢) تخير الإجابة الصحيحة في كلا مما يأتي ،

- ١ - الفدة التي تقوم بتنبيه الفدة الأينية بالندى لإفراز اللبن بعد الولادة
- أ- المبيض ب- الفدة الكظرية ج- الفدة الجاردرقية د- الفدة النخامية
- ٢ - يقوم الأدرينالين ب-.....
- أ- تنبيه الجسم للقيام بالنشاط اللازم لمواجهة الخطر.
- ب- تنبيه الكبد لتحويل الجليكوجين إلى جليكوجين.
- ج- إظهار بعض الصفات الجنسية.
- د- زيادة مقاومة الجسم للعدوى والميكروب.

٣- تنشأ الحالة المروفة بالتضخم الجعوظى نتيجة زيادة إفراز هرمون

أ-التيروكسين ب-النمو ج-الكورتيزون د-البارالثيرمون.

س(٢) ما دور كل من العلماء الآتى أسمائهم فى اكتشاف الهرمونات:

ستارلنج - كلود برنار - بويهن جنسن.

س(٤) . يؤدى تضخم الغدة الدرقية إلى ظهور أعراض مرضية واضحة تختلف باختلاف

نشاط الغدة والمرحلة التى يحدث فيها التضخم ..

اشرح هذه العبارة موضعا ما يلى :

أ- موقع الغدة الدرقية فى جسم الإنسان.

ب- وظيفة الغدة الدرقية للجسم.

ج- اثر زيادة إفرازها أو قلته فى الجسم.

س(٥) أذكر خصائص الهرمونات؟

س(٦) تنقسم الغدة النخامية إلى جزء غدى وجزء عصبى. وضح هرمونات كل جزء

وأهميته للإنسان.

س(٧) قارن بين الأنسولين والجلوكاجون.



الفصل الثالث

التكاثر في الكائنات الحية

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادر على أن:

- يتعرف مفهوم التكاثر وأهميته للأحياء
- يكتشف قدرات التكاثر بين الأحياء
- يتعرف طرق التكاثر بين الأحياء لاجنسياً وجنسياً
- يتعرف دورة حياة البلازموديوم المسبب لمرض الملاريا
- يقارن بين التكاثر اللاجنسي والتكاثر الجنسي
- يتعرف كيف تتكون البذور والثمار
- يتعرف مكونات الأجهزة التناسلية المذكرة والمؤنثة في الإنسان
- يتعرف مراحل تكوين الحيوان المنوي والبويضة في الإنسان
- يتعرف دورة الطمث في المرأة ودور الهرمونات في تنظيم هذه الدورة
- يتعرف كيف يحمي الجنين داخل الرحم ومراحل تكوينه ونموه
- يكتشف كيف تحدث ظاهرة التوائم وأنواعها
- يتعرف وسائل منع الحمل
- يتعرف كيفية الحاسب البويضة خارج الجسم (أطفال الأنابيب)
- يقدر جهود العلماء في التقدم التكنولوجي المرتبط بعملية التكاثر
- يقدر عظيمة الخالق في تواليد الأجيال لتستمر الحياة على سطح الأرض



تعتمد جميع المخلوقات على مصادر متنوعة لتمدها بالطاقة اللازمة لحياتها لكي تبقى على هذه الأرض الى اجل محدد وتنتهي حياتها بالموت الحتمي .. إذ يتعين عليها ان تقوم بوظائف التكيفية والتنافس والإخراج والإحساس لكي تنجح في حياتها المحدودة على الأرض .. فماذا من وظيفة التكاثر ؟

أهمية التكاثر للأحياء

إن الكائن الحي الذي لا يتكاثر يمكنه ان يستمر في حياته الطبيعية - بل ان بعض الأحياء التي تزيدت اعضاء تكاثرها بقيت حيه بشكل عادي - ذلك ان وظيفة التكاثر أقل اهمية من الوظائف السابق ذكرها بالنسبة لحياة الفرد - فلو تمصت إحدى هذه الوظائف لهلك الفرد سريعاً .. وعليه فإن التكاثر يعتمد على تأمين جميع الوظائف الأخرى . وليس العكس .. ويرغم ذلك فإنها الوظيفة التي تؤمن استمرار الأنواع على الأرض بعد فناء الأفراد .. ولو تمصت بشكل جماعي - تؤدي الى انقراض النوع من الوجود.

ولبدأ جميع الأحياء حياتها بالسمي المتواصل لتأمين بقائها كأفراد اولا وتوثير الطاقة اللازمة لنموها حتى مرحلة معينة . ثم تبدأ بعدها في السمي لتأمين بقاء النوع بالتكاثر فتوجه له معظم طاقاتها وسلوكها .

قدرات التكاثر بين الأحياء :-

تختلف قدرات التكاثر بين الأحياء مع الاختلاف البيئة المحيطة بها والمخاطر التي تتعرض لها وطبيعة حياتها وطول اعمارها واحجامها .. الخ
- فالأحياء المائية تنتج لسلأ أكثر مما تنتجه اقرانها على اليابسة .
- والأحياء الطفيلية أكثر لسلأ من الكائنات الحرة تمويز الفائد منها .
- والأحياء البدائية او قصيرة العمر تنتج لسلأ أكثر مما تنتجه الأحياء المتكفمة او طويلة العمر وذلك لما تلقاه هذه الأحياء من رعاية وحماية من الأباء

وعموما فإن الأنواع والأفراد التي لراها حولنا في الوقت الحاضر إنما تعبر عن نجاح اسلافها في التكاثر . وتخطى المصاعب التي واجهتها هير الأجيال المتلاحقة - بعكس العديد من الكائنات المنقرضة التي لم تنجح في الاستمرار حتى الآن . ولعلنا نذكر منها الديناصورات وهيرها من الزواحف العملاقة التي لم يتواصل تكاثرها . وأسبغت في سجل التاريخ الجيولوجي ومثلها الكثير في عالمي الحيوان والنبات .

طرق التكاثر في الكائنات الحية

لتكاثر الكائنات الحية بعدة سبل واساليب لكي تستمر أنواعها . ويمكن تجميع تلك الأساليب في طريقتين أساسيتين ،

أولا : التكاثر اللاجنسى : (Asexual Reproduction)

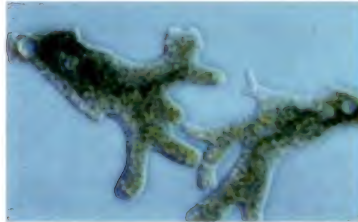
يتضمن مجرد انفصال جزء من الجسم سواء كان خلية جرثومية واحدة . او جملة خلايا او النسخة ونموها الى فرد جديد يشبه الأصل التي انفصلت منه تماما . فتستمر صفات الأجيال الناتجة بهذه الطريقة حتى وان تكهرت البيئة حوفا .. فإذا حدث تكهير في تلك البيئة تعرض معظم النسل الناتج للهلاك ما لم تكن أباؤها قد تأقلمت على ذلك التكهير . وهذا التكاثر شائع في عالم النبات لكنه يقتصر على بعض الأنواع البدائية في عالم الحيوان .

- يعتمد هذا التكاثر على الانقسام الميتوزى لخلايا الكائن الحي حيث يكون عدد الصبغيات في خلايا الأفراد الجديدة هو نفس عدد الصبغيات في خلايا الكائن الأصلى .
صور التكاثر اللاجنسى :

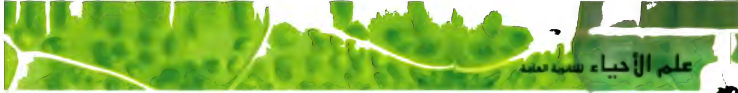
يتم التكاثر اللاجنسى في عالم الأحياء في عدة صور من أهمها ما يلي ،

١ - الانشطار الثنائى : - Binary Fission

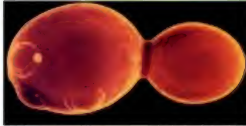
وفيه تنقسم النواة ميتوزيا ، ثم تنشطر الخلية التي تمثل جسم الكائن الحي الى خليتين يصبح كل منهما فردا جديداً . وتكاثر بهذه الصورة كثير من الأوليات الحيوانية كالأميبا (شكل ١) والبراميسيوم بالإضافة الى الطحالب البسيطة والبكتريا ويتم ذلك في الظروف المناسبة .
أما في الظروف غير المناسبة - فإن الأميبا تفرز حول جسمها غلاظا كيتينيا للحماية . وعادة ما تنقسم بدخله عدة مرات بالانشطار الثنائى المتكرر لتنتج العديد من الأميبات الصغيرة التي تتحرر من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة .



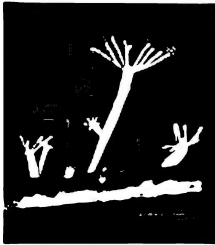
شكل (١) الانشطار الثنائى في الأميبا



٢ - التبرعم (Budding)



شكل (٢) التبرعم في فطر الخميرة



شكل (٣) التبرعم في الهيدرا

تتكاثر بعض الكائنات وحيدة الخلية . وبعض متعددة الخلايا بالتبرعم . ففي الكائنات وحيدة الخلية كالخميرة ينشأ البرعم كبروز جانبي على الخلية الأصلية . ثم تنقسم النواة ميتوزياً إلى نواتين تبقى إحداها في خلية الأم وتهاجر الثانية نحو البرعم

الذي ينمو تدريجياً والذي قد يبقى متصلاً بخلية الأم حتى يكتمل نموه فينفصل عنها . أو يستمر في اتصاله بها مكوناً مع غيره من البراعم النامية مستعمرات خلوية (شكل ٢)

أما في الكائنات متعددة الخلايا كالأسفنج والهيدرا فينمو البرعم على شكل بروز صغير من أحد جوانب الجسم بفعل انقسام الخلايا البينية وتميزها إلى برعم ينمو تدريجياً يشبه الأم تماماً (شكل ٣) . ثم ينفصل عنه لبدء حياته مستقلاً ويذكر أن الأسفنج والهيدرا يتكاثران جنسياً أيضاً إلى جانب قدرتهما على التجدد .

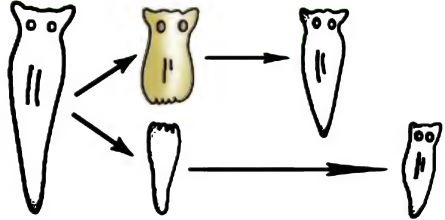
٢ - التجدد : Regeneration

تشيع هذه الطريقة في كثير من النباتات وبعض الحيوانات كالأسفنج والهيدرا وبعض الديدان ونجم البحر التي تملك القدرة على تجديد الأجزاء المفقودة من أجسامها عند تعرضها لحادث أو تمزق . وفي بعض الحيوانات عندما يقطع الجسم إلى عدة أجزاء فإن كلا منها ينمو إلى فرد جديد . . ولكن القدرة على التجدد تقل بمرق الحيوانات . حيث يقتصر في بعض القشريات والبرمائيات على استعادة الأجزاء المبتورة فقط . أما في الفقاريات العليا فلا يتجاوز التجدد فيها عملية التئام الجروح . وخاصة إذا كانت محدودة في الجلد والأوعية الدموية والعضلات .

ومن مظاهر التجدد المثيرة قدرة دودة البلاتناريا (من الديدان المفلطحة المنتشرة في الماء العذب) على التجدد . حتى لو قطعت لعدة أجزاء على مستوى عرضي أو لجزءين طولياً - فإن كل جزء ينمو إلى فرد مستقل (شكل ٤) .

أما في الهيدرا فيمكنها أن تتجدد إذا قطعت لعدة أجزاء على مستوى عرضي وينمو كل جزء إلى فرد

مستقل



شكل (٤) - التجدد في البيلاناريا



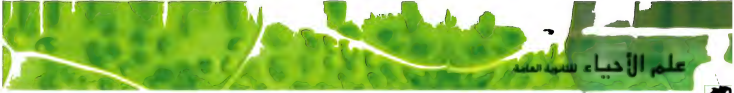
شكل (٥) - نجم البحر

وهى نجم البحر (شكل ٥) الذى يتغذى على محار اللؤلؤ (إذ يستطيع النجم الواحد أن يقتصر حوالى عشر محارات يومياً) بما قد تحمله من لؤلؤ بين ثناياها) لهذا كان القانسون على رعاية ذلك المحار فى مزارع اللؤلؤ يجمعون نجوم البحر ويمزقونه ويلقون به فى البحر للتخلص منه تماماً فكانوا بذلك يعملون على إكثاره دون قصد -

حيث إن أحد أفرع نجم البحر مع قطعة من قرصة الوسطى يمكن أن يتجدد إلى نجم بحر كامل فى فترة وجيزة

٤- التكاثر بالجراثيم : Sporogony

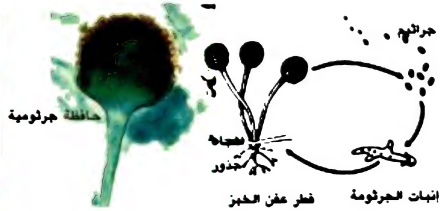
لتكاثر بعض النباتات البدائية بواسطة خلايا وحيدة تعرف بالجراثيم متحركة للنمو مباشرة الى نباتات كاملة . وتتكون الجرثومة من سيتوبلازم به كمية ضئيلة من الماء ولزوجة وجدار سميك. فإذا نضجت الجرثومة تحررت من النبات الأم لتنتشر فى الهواء . وبوصولها الى وسط ملائم للنمو تمتص الماء وتتشقق جدرانها وتقسم عدة مرات ميتوزيا حتى تنمو الى فرد جديد



ومن الكائنات التي تتكاثر بالجراثيم . كثير من الفطريات مثل فطر عفن الخبز (شكل ٦) وفطر عيش الغراب (شكل ٧) وبعض الطحالب والسراخس . ويمتاز هذا التكاثر بسرعة الإنتاج وتحمل الظروف القاسية والانتشار لمسافات بعيدة .



شكل (٧) التكاثر بالجراثيم في عيش الغراب



شكل (٦) التكاثر بالجراثيم في عفن الخبز

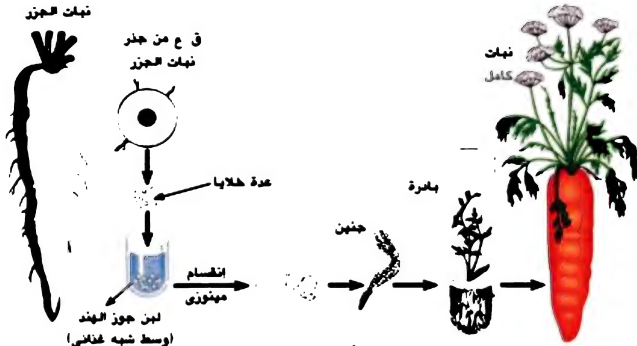
٥- التوالد البكرى ، Parthenogenesis

يعرف التوالد البكرى بقدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد بدون إخصاب من المشيج الذكري . ويعد ذلك نوعا خاصا من التكاثر اللاجنسى . حيث يتم إنتاج الأبناء من أب واحد فقط . ويتم التكاثر البكرى في عدد من المديدان والقشريات والحشرات وأشهرها نحل العسل . حيث تنتج الملكة بيضا ينمو بدون إخصاب لتكوين ذكور النحل . وبيض ينمو بعد الإخصاب لتكوين الملكة والشفالات حسب نوع الغذاء بعد ذلك . تكون الذكور أحادية المجموعة الصبغية (ن) وتكون الملكة والشفالات ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) لكن في بعض حالات من التوالد البكرى . لتكوين البويضات من القسام ميتوزى فتتمو الى ثلاث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) كما في حشرة المن . (ملحوظة: تستطيع حشرة المن أن تنتج ذكورا وإناثا بالتكاثر الجنسي) وقد أمكن تشجيع بويضات نجم البحر والصفحة صناعيا بواسطة تعريضها لصدمة حرارية أو كهربائية أو لأشعاع أو لبعض الأملاح أو للرج أو الوخز بالأبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب . مكونة أفراداً تشبه الأم تماما . كما تكونت أجنة ميكرة من بويضات الأراباب باستخدام منشطات مماثلة .

٦- زراعة الأنسجة ، Tissue Culture

يقوم العلماء بدراسة زراعة الأنسجة النباتية والحيوانية والماثي في وسط غذائي شبه طبيعي. ثم متابعة تميز النسجتها ولقدها نحو التاج افراد كاملة . وفي تجربة مثيرة فصل أحد الطماء أجزاء صغيرة من نبات الجزر في المايبيب زجاجية تحتوى لين جوز الهند - الذى يحتوى على جميع الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية . هيدات الأجزاء في النمو والتمايز الى نبات جزر كامل (شكل ٨). وبعد ذلك فصل خلايا منفردة من نفس النسجة النبات وزرعها بنفس الطريقة ليحصل منها بالمثل على النبات الكامل . كما أمكن الحصول على نبات طباق كامل بعد فصل خلايا من اوراق الطباق وزراعتها بنفس الطريقة.

وقد أكلت هذه التجارب ان الظلية النباتية المحتوية على المعلومات الوراثية الكاملة يمكنها أن تصبح نباتا كاملا لو زرعت في وسط غذائي مناسب يحتوى على الهرمونات النباتية بنسب معينة وتستغل هذه الطرق حاليا في اكلت نباتات نادرة او ذات سلالات ممتازة او أكثر مقاومة للأمراض . كما أمكن حفظ الأنسجة المخطارة للزراعة في نيتروجين سائل لتبريدها لمدة طويلة مع الإبقاء على حيويتها لحين زراعتها. ويطلق العلماء أمالا على تقدم هذه التقنيات لحل مشاكل الغذاء والختصار الوقت اللازم لنمو المحاصيل المنتجة باكتارها بنفس الطريقة.



شكل (٨) زراعة الأنسجة في نبات الجزر

ثانياً ، التكاثر الجنسي ، Sexual Reproduction

يتطلب التكاثر الجنسي وجود هذين ذكر و أنثى خالبا لإنتاج الأمشاج الجنسية ويتمين على تلك الأمشاج ان تتلاقى من اجل الاندماج أو الأخصاب .هذه التزاوج يلتقى المبيض الذكري والمبيض الأنثوي المناسب لنوعه ويندمجا معا لتكوين اللاقحة . التى تبدأ فى الانقسام والنمو لتكوين الجنين . ثم الفرد الناتج ، خالبا لى الذى يجمع بين صفات الأبوين . لهذا فالأبن يتسلم المادة الوراثية من كلا الأبوين فمسير خليطاً من صفاتهما .

على عكس التكاثر اللاجنسى الذى يتسلم فيه الأبى تلك المادة من أب واحد فمسير نسخة مطابقة له . ومع ذلك فالتكاثر الجنسي مكلف فى الوقت والطاقة من اللاجنسى - لأنه يتم عادة بعد عمر أو اعداد معين كما يتمين على الأبوين احياناً اعداد العلى أو الجهر المناسب قبل الزواج كما قد يتبادلان حراسة البيض ورعاية الأبناء حتى تكبر . بل إن بعض الأنواع تتحمل فى سبيل حماية أبنائها مشقة اكبر عند الاحتفاظ بالأنجى فى بطونها حتى تولد . وقد تبقى الأبناء مع ابائها فى حياة اجتماعية من اجل المزيد من الحماية وتعلم الكثير من السلوك .

ويضاف الى ما سبق ان إنجاب افراد جديدة يقتصر هنا على نصف عدد افراد النوع وهى الإناث دون الذكور بينما جميع الأفراد فى التكاثر اللاجنسى قادرة على إنتاج افراد جديدة . ويزعم كل ما سبق فإن التكاثر الجنسي . قادرة على إنتاج افراد جديدة يوفر للأجيال الناجمة تجديدًا مستمرًا فى بنائها الوراثى يمكنها من الاستمرار فى وجه التغيرات البيئية .

- ويعتمد التكاثر الجنسي على الانقسام الميوزى عند تكوين الأمشاج . حيث يحتزل فيها عدد الصبغيات الى النصف (ن) .وهذه الأخصاب يندمج المبيض الذكري مع المبيض الأنثوي ويعود العدد الأصلى للصبغيات (2ن) .والذى يختلف حسب نوع الكائن الحى .

صور التكاثر الجنسي

يتم التكاثر الجنسي بصورتين أساسيتين هما ،

١- الإقتران ، Conjugation

يتم التكاثر عادة فى الكائنات البدائية كعصى الأوليات والطحالب والفطريات بالانقسام الميوزى فى الظروف المناسبة . فكلها تنجا الى التكاثر الجنسي بالإقتران عند تعرضها للجفاف أو تغير حرارة الماء أو لقائهم .

٢- الإقتران في الأسبيروجيرا Spirogyra

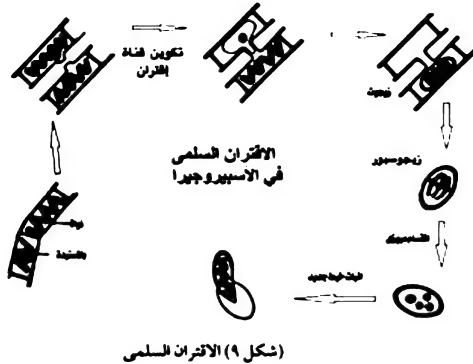
■ يعرف الأسبيروجيرا بالزهر الأخضر الذي ينتشر في المياه الراكدة حيث تطفو خيوطه التي يتكون كل منها من صف واحد من الخلايا. ويلجأ طحلب الأسبيروجيرا الى الإقتران في الظروف غير المناسبة وهما نوعان :-

أ - الإقتران السلمي -

يتجاوز خيطان من الأسبيروجيرا طويلاً ، وتنمو تتواءم للداخل بين بعض أزواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا ويبرز الجدار الفاصل بينهما لتتكون قناة إقتران .

يتكسر البروتوبلازم في خلايا أحد الطحليتين لينتقل الى خلايا الطحيط المقابل عبر قناة الإقتران مكوناً لاقحة Zygote (شكل ٩) تحاط باللاقحة جدار سميك لحمايتها من الظروف غير الملائمة وتعرف حينئذ باللاقحة الجرثومية Zygospor

تبقى اللاقحة الجرثومية ساكنة حتى تتحسن الظروف المحيطة فتتقسم اللاقحة الجرثومية ميوزياً لتتكون أربعة أنوية أحادية المجموعة الصبغية يتحلل منها ثلاثة والرابعة تنقسم ميوزياً ليتكون خيط جديد.



(شكل ٩) الإقتران السلمي

ب - الإقتران الجانبي

- يحدث هذا الإقتران بين الخلايا المتجاورة في نفس الطحيط الطحلي وتنتقل مكونات أحد الطحليتين الى الخلية المجاورة لها من خلال فتحة في الجدار الفاصل بينهما (شكل ١٠) .

- وتجدر الإشارة إلى أن غيب الطحلب خلاياه فردية الصبغات (ن) وبعد الاقتران تتكون اللاقحة



(٢ن) التي تنقسم ميوزيا قبل إنبات غيب الطحلب

الجديد تقوم خلاياه الصفة الفردية ثانية .

٢- التكاثر بالأشماج الجنسية ،

لتكاثر الأحياء النباتية والحيوانية المتقدمة بالأشماج الجنسية الذكرية والأنثوية وهما ناتجان من النقسام ميوزي يتم في المناسل (الأعضاء الجنسية)

- تتميز الأمشاج الذكرية بالقدرة على الحركة ، فيكون بناؤها معداً لذلك حيث تفقد معظم

سيتوبلازمها ويستقل الجسم ويتزود بسوط أو ذيل للحركة لكي يؤدي وظيفته وهي نقل المادة الوراثية

إلى المشيج الأنثوي في عملية الإخصاب وعلى ذلك تنتج من كل خلية أولية أربعة أمشاج ذكرية أى تنتج

بأعداد كبيرة نظراً لاحتمال فقد بعضها خلال رحلتها إلى المشيج الأنثوي .

أما الأمشاج الأنثوية التي تتكون في المبيض ، فإنها تبقى ساكنة عادة في جسم الأنثى حتى يتم الإخصاب

، لذا تكون مستديرة وهدية بالغذاء غالباً وتنتج بأعداد قليلة .

وقد تنتقل الأمشاج الذكرية إلى الأنثوية عبر الماء ، كما هي الحيوانات المائية كالأسماك العظمية

والضفادع . حيث يلقى كل من الذكر والأنثى بأمشاجهما معا في الماء ويتم التلقيح خارجياً وبالتالي يتم

الإخصاب وتكوين الجنين في الماء . أما في الحيوانات التي تعيش على اليابسة فيتم التلقيح داخلياً . حيث

يتحين إدخال الحيوانات المنوية إلى البويضات بداخل جسم الأنثى لكي يتم الإخصاب وعلى ذلك فإن

الإخصاب هو إدماج نواة المشيج الذكرى بنواة المشيج الأنثوي لتكوين اللاقحة ، التي تستعيد ازدواج

الصبغات (٢ن) وتمضى نحو تكوين الجنين بالنقسام الميوزي.

ثالثاً : تعاقب الأجيال Alternation of generations

هناك بعض الأنواع النباتية والحيوانية لها القدرة على التكاثر بالطريقتين اللاجنسية والجنسية حيث

يتعاقب في دورة حياتها جيل يتكاثر جنسياً مع جيل أو أكثر يتكاثر لا جنسياً " ، فيجنى مميزاتها معا " هي

تحقيق سرعة التكاثر والتنوع الوراثي بما يمكنه من الانتشار ومسايرة تقلبات البيئة وقد يتبع ذلك تباين

في المحتوى الصفي لخلايا تلك الأجيال .

وتتضح هذه الظاهرة في الأمثلة التالية :-

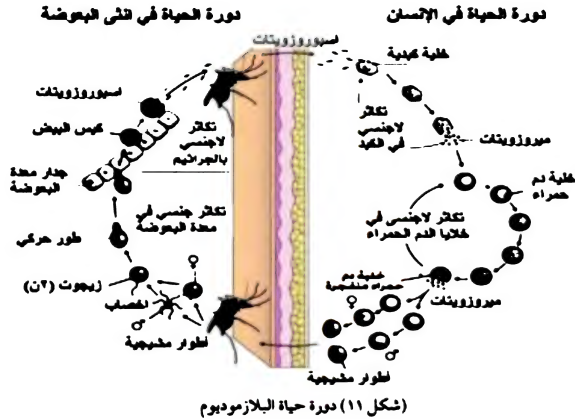
١ - دورة حياة بلازموديوم الماريا ،

البلازموديوم من الأوليات الجرومية التي تتطفل على الإنسان ولثى بعوضه الأنوفيليس . وتبدأ دورة الحياة عندما تلدغ لثى بعوضه الأنوفيليس مصابة بالطفيل جلد الإنسان وتسبب في دمه أشكالاً مغزلية دقيقة هي الأسبوزويتات (Sporozoites) التي تتجه إلى الكبد حيث تقضي فيه فترة حضانة تقوم خلالها بدورتين من التكاثر اللاجنسي حيث تنقسم النواة بما يعرف بالتقطع (Schizogony) لتنتج الميروزويتات (Merozoites) التي تنتقل بعد ذلك لآصابة كريات الدم الحمراء .

تقضي الميروزويتات في كريات الدم الحمراء عدة دورات لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزويتات التي تتحرر بأعداد هائلة كل يومين بعد تفتت كريات الدم المصابة . وتنتقل مواد سامة فيظهر على المصاب حينئذ أعراض حمى الماريا (كارتفاع درجة الحرارة - الرعشة - العرق الغزير)

لتحول بعض الميروزويتات إلى أطوار مشهية داخل كريات الدم الحمراء وتنتقل مع دم المصاب إلى البعوضة . حيث يتم اندماج الأشعاج بعد نشوبها في معدة البعوضة وتكون اللاحقة (زيجوت ٢) (شكل ١١)

لتحول اللاحقة إلى طور حركي Ookinete يخترق جدار المعدة وينقسم ميوزياً " مكوناً " كيس البيض Oocyst الذي تنقسم نواته ميتوزياً " فيما يعرف بالتكاثر بالجراثيم Sporogony حيث تنتج العديد من الأسبوزيتات التي تتحرر وتتجه إلى الغدد اللمفاوية للبعوضة استعداداً لإصابة إنسان جديد



وهكذا يتعاقب في دورة حياة البلازموديوم جيل جنسى يتكاثر بالأمشاج (هي البموضة) ثم أجيال لا جنسية لتكاثر بالجراثيم (هي البموضة) وبا لتقطع في الإنسان .

٢- دورة حياة نبات من السراخس Ferns

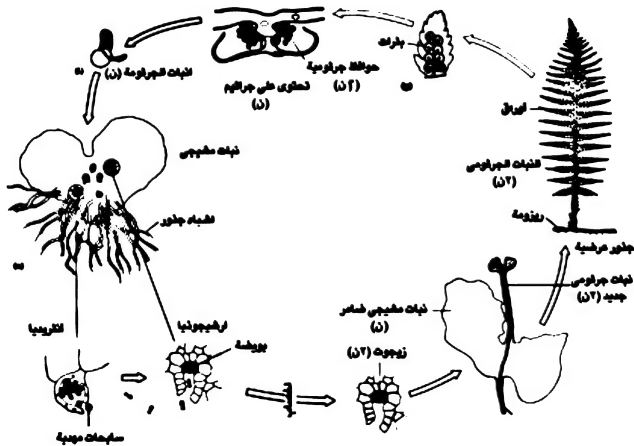
من أمثلة السراخس الشائعة نبات الفوجير المعروف بكتبات زينة في المنازل وكزينة البئر التي تنمو على حواف الآبار والفتحات الضيقة .

تبدأ دورة الحياة في نبات الفوجير (شكل ١٢) بالطور الجرثومي الذي يحمل الأوراق وعلى سطحها السفلي بثرات بها حواشف جرثومية تحتوى العديد من الطلائيا الجرثومية (٢ن) التي تنقسم ميوزيا لتكوين الجراثيم (ن).

عند نضج الجراثيم، تتحرر من الحواشف وتحملها الرياح لمسافات بعيدة عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تثبت مكونة عدة خلايا لا تكبت أن لتكتل وتتميز إلى جسم مفلطح ينمو على شكل قلبى فوق التربة الرطبة ويعرف بالطور المشيجي وتتميز على مؤخرة السطح السفلي للطور المشيجي أشباه جذور كزوائد لامتصاص الماء والأملاح ، كما تنمو زوائد تناسلية على مقدمة نفس السطح تعرف بالأنثريديا Anthridia كمناسل مذكرة والأرشيپونيا Archegonia كمناسل مؤنثة .

- بعد النضج ، تتحرر من الأنثريديا الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة) تصبح فوق مياه التربة حتى تصل إلى الأرشيپونيا الناضجة لإخصاب البويضة بداخلها مكونة اللاقحة (٢ن) وبعد ذلك تنقسم اللاقحة وتتميز إلى نبات جرثومي جديد ينمو فوق النبات المشيجي ويعتمد عليه لفترة قصيرة حتى يكون لنفسه جذورا وساقا وأوراقا فيتكاثر النبات المشيجي وينمو النبات الجرثومي ليمد دورة الحياة .

وهكذا يتعاقب طور جرثومي (٢ن) يتكاثر لا جنسيا بالجراثيم مع طور مشيجي (ن) يتكاثر جنسيا بالأمشاج في دورة حياة السراخس التي تعد مثالا لمودجيا لظاهرة تعاقب الأجيال في الأحياء .



(شكل ١٢) دورة حياة نبات الفوجير

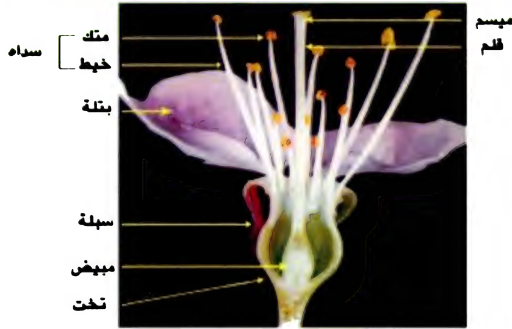
التكاثر في النباتات الزهرية (Reproduction in flowering Plants)

النباتات الزهرية مجموعة كبيرة من النباتات البذرية التي تنشا بذورها داخل غلاف شمري فتعرف لهذا بمغطاة البذور التي تنتشر في بيئات مختلفة وتفاوت في الحجم من أعشاب صغيرة إلى أشجار ضخمة والزهرة هي العضو المتخصص بالتكاثر في هذه النباتات . فهي ساق قصيرة تحورت أوراقها لتكون الأجزاء الزهرية المختلفة وتخرج الزهرة من البذرة ورقة خضراء أو حرشفية تسمى القنابة . وهي بعض الأحيان توجد أزهار بدون قنابات .

وتنشا الأزهار إما وحيدة طرفية كما في التيلوب . فتحد بذلك من نمو الساق . أو تكون وحيدة إبطية كزهرة البتوليا . أو تجمع الأزهار على المحور الزهري في تنظيمات متنوعة تعرف بالنورات كما في الفول والمنثور .

تركيب الزهرة ١-

تخرج الزهرة (شكل ١٣) من البذرة ورقة تعرف بالقنابة (Bract) تختلف في الشكل واللون من نبات لآخر



شكل (١٣) قطاع طولى فى الزهرة

وتحمل الزهرة في بعض النباتات على عنق (Pedicel) تتكون منقطة وهي بعضها الآخر تكون جالسة . (Sessile) والزهرة النموذجية أو الكاملة كالنفل والتفاح والبصل والبيتوليا أربعة محيطات زهرية لتبادل أوراق كل منها مع أوراق المحيط الذي يليه

■ الكاس (Calyx) المحيط الخارجي للزهرة . يتكون من أوراق خضراء تعرف بالسبلات Sepals وتقوم بحماية الأجزاء الداخلية للزهرة من عوامل الجفاف أو الأمطار أو الرياح

■ التويج (Corolla) المحيط الذي يلي الكاس للداخل . يتكون من صف واحد أو أكثر من البتلات (Petals) التي تساعد في حماية الأجزاء الجنسية للزهرة وجذب الحشرات لإتمام عملية التلقيح

- في أزهار معظم نباتات الفلقة الواحدة كالتوليب والبصل . يصعب تمييز أوراق الكاس من التويج . حينئذ يعرف المحيطان الخارجيان بالفلاف الزهرى (Perianth)

■ الطلع (Androecium) عضو التذكير . يتكون من أوراق متعددة تسمى الأسدية (Stamens) كل منها مكون من خيط (Filament) يحمل على قمته المتوك Anther الذي يحتوي على أربعة أكاس من حبوب اللقاح (pollen grains).

■ المتاع (Gynoecium) عضو التأنيث . يقع في مركز الزهرة ويتكون من كره بلة واحدة أو carpel أكثر. وتكون قاعدة الكره بلة منتفخة وتعرف بالمبيض ovary الذي يحتوي البويضات ovules. وقد لتتحم الكره ابل أو تبقى منفصلة . كما قد تحتوى غرفة واحدة Locule أو أكثر . ويعطو المبيض عنق رفيع يسمى القلم ينتهى بقصرى لزج يعرف بالميسم stigma لتلتصق عليه حبوب اللقاح .

وظائف الزهرة

لكي تقوم الزهرة بوظائفها في التكاثر لاستمرار النوع ، فإنه يجب أولاً أن تقوم الأسدية بإعداد حبوب اللقاح ، والمبيش بإعداد البويضات ، ثم تأتي صليتنا التلقيح والإخصاب لتكوين الثمرة والبذور وذلك كما يلي :

أولاً ، تكوين حبوب اللقاح ،

إذا فحصت قطاعاً عرضياً " في منك ناضج لأحد الأسدية كبيرة الحجم ، كما في الزئبق مثلاً (شكل ١٤) تشاهد اختواءه على أربعة أكياس لحبوب اللقاح ، وقبل أن تتكون حبوب اللقاح أثناء نمو الزهرة تكون هذه

الأكياس مليئة بخلايا كبيرة الأنوية

تسمى الخلايا الجرثومية الأمية .

التي تحتوي على عدد زوجي من

الصيفيات (٢ن)

- تنقسم كل خلية من هذه الخلايا

انقساماً ميوزياً لتكون أربع خلايا بكل

منها عدد (ن) من الصيفيات وتسمى

الجراثيم الصغيرة (Microspores)

ثم تتحول كل منها إلى حبة لقاح بأن

تنقسم النواة انقساماً " ميوزياً إلى

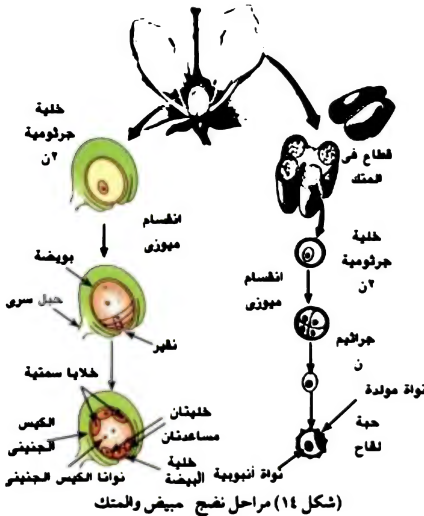
نواتين تصرف إحداهما بالنواة

الأنبوبية (Tube nucleus)

والأخرى بالنواة المولدة

(Generative Nucleus) ثم يتلفظ

خلال حبة اللقاح لحمايتها .



- في هذه الحالة يصبح المنك ناضجاً ، ويتحلل الجدار الفاصل بين كل كيسين متجاورين وتفتتح الأكياس

وتصبح حبوب اللقاح جاهزة للانتشار .

ثانياً : تكوين البويضات

أثناء تكوين حبوب اللقاح في المتك - تحدث تغيرات مناظرة في المبيض على النحو التالي ،

- تبدأ البويضة في الظهور كإنتفاخ بسيط على جدار المبيض من الداخل ، ويحتوي خلية جرثومية أمية كبيرة . ومع نمو البويضة يتكون لها عنق أو حبل سرى (Funicle) يصلها بجدار المبيض (ومن خلاله تصل إليها المواد الغذائية) ثم يتكون حولها غلافان (Integuments) يحيطان بها تماماً فيما عدا ثقب صغير يسمى النقير (Micropyle) يتم من خلاله إخصاب البويضة .

- في داخل البويضة تنقسم الخلية الجرثومية الأم (٢ن) ميوزيا لتعطي صفاً من أربع خلايا بكل منها عدد حرى من الصيغيات (ن) ثم تتحلل ثلاثة من هذه الخلايا . وتبقى واحدة تنمو بسرعة وتكون الكيس الجنيني (Embryo Sac) الذى يحيط به نسج غذائي يسمى النوسيلة (Nucellus)

- في داخل الكيس الجنيني تتم المراحل التالية :-

١- تنقسم النواة (ميوزيا) ثلاث

مرات لإنتاج ٨ أنوية لها جر ٤ إلى كل من

طرفي الكيس الجنيني .

٢- تنتقل واحدة من كل الأربعة أنوية

الساقطة إلى وسط الكيس الجنيني

وتعرفان بالنواتين القطبيتين (Polar

Nuclei)

٣- تحامد كل نواة من الثلاث الباقية

في كل من طرفي الكيس الجنيني بكمية

من السيستوبلازم وشفاة رفيق لتكون خلايا

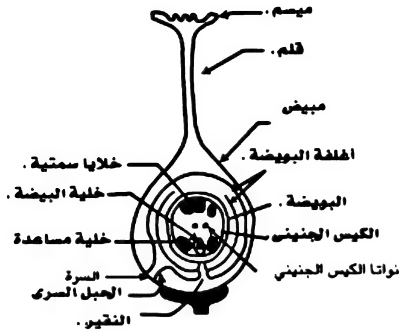
٤- تنمو من الثلاث خلايا القريبة من

النقير واحدة وسطية وتصبح خلية البيضة (المشيج المؤنث)

(eggcell) وتعرف الخليتان التان على جانبيها بالخليتين المساعدتين (Synergids) كما تعرف الخلايا الثلاث

البعيدة من النقير بالخلايا السمتية (Antipodal Cells) وتصبح خلية البيضة بعد ذلك جاهزة

للإخصاب (شكل ١٥) .



شكل (١٥) قطاع في مبيض ناضج

ثالثاً : التلقيح والإخصاب :-

أ . عملية التلقيح : هي انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم الزهرة

■ أنواع التلقيح :

١ - تلقيح ذاتي : انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو إلى ميسم زهرة أخرى على

نفس النبات

٢ - تلقيح خلطي : انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة على نبات إلى ميسم زهرة على نبات آخر من نفس

النوع.

■ يشيع التلقيح الخلطي بين النباتات تبعا " لتوافر عوامل معينة مثل

- أن تكون الأزهار وحيدة الجنس

- نضع أحد شقي الأعضاء الجنسية قبل الآخر .

- أن يكون مستوى المتك منخفضاً " من مستوى الميسم .

■ يحتاج التلقيح الخلطي إلى وسائل لنقل حبوب اللقاح مثل الهواء - الحشرات - الماء - الإنسان.

ب - عملية الإخصاب :-

يحدث الإخصاب حسب المراحل التالية ،

١ - إنبات حبوب اللقاح

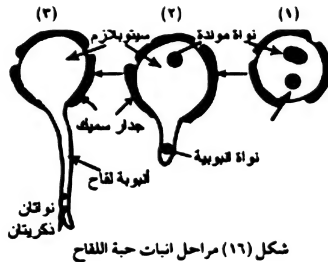
عندما تسقط حبوب اللقاح على الميسم تبدأ هي الإنبات حيث تقوم النواة الألبوبية بتكوين أنبوبة لقاح

تحترق الميسم والقلم وتصل حتى موقع النقيير في المبيض ثم تتكاثف النواة الألبوبية بينما تنقسم النواة

المولدة انقساماً متتالياً فيتكون نواتين ذكريتين (شكل ١٦ ، ١٧)



شكل (١٧) حبة اللقاح تحت
الميكروسكوب



شكل (١٦) مراحل إنبات حبة اللقاح

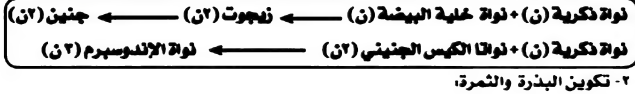


تنتقل نواة ذكرية (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة من خلال أنبوبة اللقاح وتندمج مع نواة خلية البهشة (ن) هيبتكين الزيجوت (2ن) ثم ينقسم مكوناً الجنين (2ن) شكل ١٨..

- تنتقل النواة الذكرية الثانية (ن) إلى البويضة لتندمج مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنيني (2ن) لتكوين نواة الأندوسبيرم (3ن) وتعرف المرحلة الأخيرة باسم الاندماج الثلاثي، وتسمى مرحلتى الإخصاب بالإخصاب المزدوج.

- تنقسم نواة الأندوسبيرم لتعطي نسيج الأندوسبيرم لتغذية الجنين في مراحل نموه الأولى. ويبقى هذا النسيج خارج الجنين فيشكل جزءاً من البذرة.

شكل (١٨) عملية الإخصاب



- قد يحتفظ الجنين بالأندوسبيرم ويظل موجود وتسمى البذور في هذه الحالة (بذور اندوسبرمية) ومثل بذور ذات الطلقة الواحدة حيث لتتحم فيها أخلقة المبيض مع أخلقة البويضة تتكوين ثمرة بها بذرة واحدة وتعرف حينئذ بالحبة مثل القمح والذرة.

- وقد يتلقى الجنين على الأندوسبيرم أثناء تكوينه وتسمى البذور في هذه الحالة (بذور لا اندوسبرمية) مما يضطر النبات إلى تخزين غذاء آخر للجنين في الطلقتين وتسمى بذور ذات طلقتين حيث تتصلب الأخلقة البهشية لتكوين القشرة ويطلق عليها اسم (بذرة) مثال بذور الفول والبسلة.

بعد حدوث الإخصاب يذبل الكأس والتويج والطلع والقلم والميسم ولا تبقى من الزهرة سوى مبيضها الذى يحتزن الغذاء ويكبر في الحجم وينشج ويتحول إلى ثمرة يملأ هرمونات يفرزها المبيض، ويصبح جدار المبيض هو غلاف الثمرة ويصبح جدار البويضة غلافاً للبذرة وتتحلل الطليقتان المساعدتان والخلابا السمتية ويبقى النقيير ليدخل منه الماء إلى البذرة هند الانبات .

- هناك بعض الثمار التى يمكنها أن تحتفظ بأجزاء من الزهرة مثل -.

■ ثمرة الرمان تبقى بها أوراق الكأس والاسدية .

■ ثمرة الباذنجان والبلح يبقى بها أوراق الكأس .

■ ثمرة القرع يبقى بها أوريق التويج .

- الثمرة الكاذبة ، False Fruits

هي الثمرة التي يتشخم فيها أى جزء غير مبشها بالذءاء مثال ثمرة التفاح الذى يتشخم فيها التحت مما سبق نستنتج أن التفاح يوهز للزهرة الطلايا الذكرية اللازمة لعملية الإخصاب هي البويضة التي تكون البذرة كما يحفز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة فاضحة حتى لو لم يحدث إخصاب.

- الإثمار العذرى ، Parthenocarp

هو تكوين ثمرة بدون بذور لأنها تتكون بدون عملية الإخصاب مثال الموز والأناس ويمكن حدوث هذا صناعيا برش المياسم بخلاصة حبوب التفاح (حبوب لقاح مطحونة في الأثير الكحولى) أو استخدام الدول أو لظلول حمض الطليك لتنبه المبيض لتكوين الثمرة .
- يؤدى نضح الثمار والبذور غالبا إلى تعطيل النمو الطبرى للنبات. وأحيانا إلى موته. وخاصة في النباتات الحولية بسبب استهلاك المواد الغذائية المقتزنة وتثبيت الهرمونات. فإذا لم يتم التفاح والإخصاب تذبل الزهرة وتسقط دون تكوين الثمرة .

التكاثر فى الإنسان

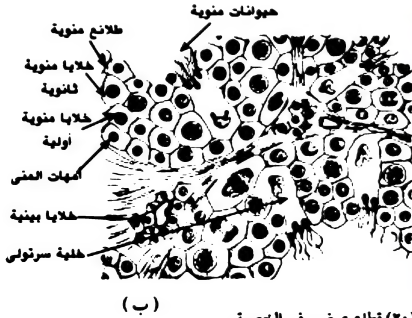
ينتمى الإنسان إلى طائفة الثدييات التي تتميز بحمل الجنين حتى الولادة . ولذا تكون بويضاتها صغيرة وشحيحة الم . كما أن إنتاجها لصفار محدود نظرا " لما لكفاء من رعاية الأبهين وتصل هذه الرعاية أنصاها في الإنسان الذي يحتاج ولينه إلى سنوات طوال من التربية . نظرا " لتقدم عقله وتميز هيئته . التي حياه الله وميزه على سائر المخلوقات .

الجهاز التناسلي الذكرى

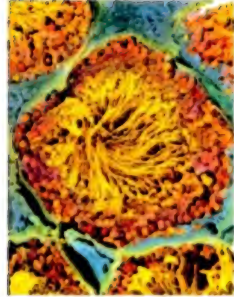
يتكون جهاز التناسل الذكرى للإنسان (شكل ١٩) من خصيتين تخرج من كل منهما قنوات البريج والوهاء الناقل وهذه ملحقة وقناة مجرى البول. ويقوم هذا الجهاز بوظيفة إنتاج الحيوانات المنوية وهرمونات الذكورة . التي تسبب ظهور صفات الرجل النالوية. كطخونة الصوت وقوة العضلات ونمو القمر على الوجه.... الخ

دراسة قطاع عرضي في الخصية

- تتكون الخصية من الهبيبات منوية . توجد فيها بينها خلايا بينية تفرز هرمون التستوستيرون.
- يوجد داخل كل الهبيبة منوية خلايا تسمى خلايا سرتولي تفرز سائل يعمل على تفلية الحيوانات المنوية داخل الخصية ويعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضاً.
- توجد خلايا مبطننة لكل الهبيبة منوية تسمى خلايا جريشومية أمية (ن) تنقسم هذه الخلايا وتكون في النهاية الحيوانات المنوية (شكل ٢٠ أب)



(ب)



(أ)

شكل (٢٠) قطاع عرضي في الخصية

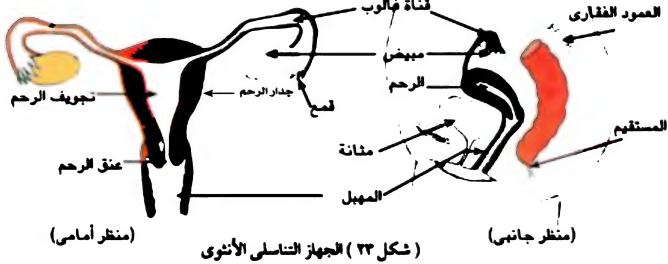
مراحل تكوين الحيوانات المنوية :-

- تمر عملية تكوين الحيوانات المنوية (شكل ٢١) بأربعة مراحل هامة هي :-
- (أ) مرحلة التضاعف ، هي المرحلة التي يحدث فيها الانقسام ميوزي عدة مرات في الخلايا الجريشومية الأمية (ن) وينتج من هذا الانقسام عدد كبير من الخلايا تسمى أمهات المنى (ن) .
- (ب) مرحلة النمو ، وفيها تحظزن أمهات المنى قديراً من الغذاء وتحول إلى خلايا منوية أولية (ن٢) .
- (ج) مرحلة النضج ، تحدث في هذه المرحلة انقسام ميوزي أول للخلايا المنوية الأولية (ن٢) فتعطي خلايا منوية ثانوية (ن) التي تنقسم الانقسام ميوزي ثان فتعطي طلائع منوية (ن)
- تلاحظ في مرحلة النضج حدوث اختزال في عدد الصبغيات إلى النصف .
- (د) مرحلة التشكل النهائي ، وفيها تتحول الطلائع المنوية إلى حوانات منوية .

الجهاز التناسلى الأنثوى:

يتكون جهاز التناسل الأنثوى للأنسان من المبيضين وقناتى المبيض والرحم والمهبل. ويقوم هذا الجهاز بوظائف إنتاج البويضات و هرمونات الألوثة . إلى جانب تهيئة مكان أمين لإتمام إخصاب البويضة وإيواء الجنين حتى الولادة (شكل ٢٣).

وتتجمع أعضاء هذا الجهاز فى منطقة الحوض خلف المثانة . وتكتبث فى مكانها بأربطة مرنة تسمح لها بالتمدد أثناء حمل الجنين.



أ- المبيضان (Ovaries): يوجدان على جانبي تجويف الحوض . والمبيض ييشاوى الشكل فى حجم اللوزة المقشورة ويحوى أثناء الطفولة عدة آلاف من البويضات فى مراحل نمو مختلفة . وبعد البلوغ تنتج من تلك الآلاف حوالى ٤٠٠ بويضة فقط خلال سنوات الخصوبة والتي يمكن أن يحدث بها الإنجاب التى تستمر حوالى ٣٠ سنة بعد البلوغ. وذلك بمعدل بويضة واحدة من أحد المبيضين بالتبادل مع الآخر شهرياً يفرز المبيض هرمونات البلوغ وهرمونات تنظيم دورة الطمث وتكوين الجنين.

ب- قناتى فالوب (Fallopian tubes) : تفتح كل قناة منهما بواسطة قمع . يقع مباشرة أمام المبيض وذلك لضمان سقوط البويضات فى قناة فالوب بالإضافة لوجود زوائد إسبحية تعمل على التقاط البويضة. وتبطن قناة فالوب بأهداب تعمل على توجيه البويضات نحو الرحم .

ج- الرحم (Uterus) : عبارة من كيس عضلى مرن يوجد بين هظام الحوض و مزود بجدار عضلى سميك قوى . ويحطن الرحم بفشاء غدى وينتهى بعنق ويفتح فى المهبل . ويتم بداخله تكوين الجنين لمدة تسعة أشهر .

د - المهبل : قناة عضلية يصل طولها إلى حوالي ٧ سم . وتبدأ من عنق الرحم وتنتهي بالفتحة التناسلية . والمهبل مبطن بغشاء يفرز سائل مخاطي يعمل على ترطيب المهبل . وبه ثنيات تسمح بتمدده خاصة أثناء خروج الجنين.

تتغير حالة الجهاز التناسلي للأنثى بصفة دورية بعد البلوغ (عند عمر ١٢-١٥ سنة) تبعاً لنشاط المبيض والرحم وما يرتبط بهما من إخصاب وحمل ، أو عدم حدوث حمل ونزول النزيف الشهري المعروف بالطمث . وعند عمر ٤٥-٥٠ سنة يتوقف نشاط المبيضين فتقل الهرمونات وتنعكش بطانة الرحم ويتوقف حدوث الطمث (Menopause) .

دراسة قطاع عرضي في المبيض:

يلاحظ من دراسة القطاع العرضي في المبيض (شكل ٢٤) أنه يتكون من مجموعة من الخلايا تكون في مراحل مختلفة . وتكون البويضة داخل حويصلة جراف ، وتحول إلى جسم أصفر بعد تحرر البويضة منها



شكل (٢٤) قطاع عرضي في المبيض

مراحل تكوين البويضة:

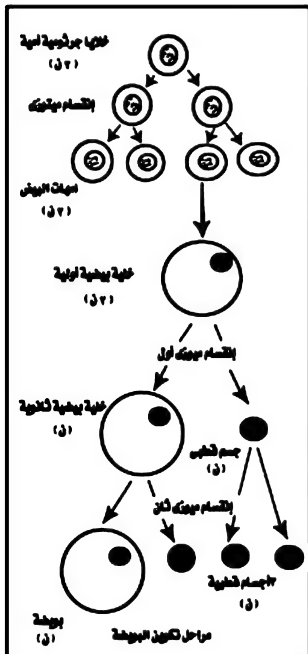
تتم عملية تكوين البويضة في ثلاث مراحل عامة (شكل ٢٥) هي :

(أ) مرحلة التضاعف: تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) الانقسام ميوزي فتتكون خلايا تسمى أمهات البيض (٢ ن) (تحدث هذه المرحلة في الجنين) .

(ب) مرحلة النمو: تحتزن أمهات البيض (٢ ن) قدر من الغذاء وتكبر في الحجم وتتحول إلى خلايا ببيضية أولية (٢ ن) (تحدث هذه المرحلة في الجنين).

(ج) مرحلة النضج: تنقسم الخلية الببيضية الأولية الانقسام ميوزي أول فينتج خلية ببيضية ثانوية وجسم قطبي كل منهما (ن) وتكون الخلية الببيضية أكبر من الجسم القطبي . وتنقسم الخلية الببيضية الثانوية (ن) الانقسام ميوزي ثان فينتج بويضة وجسم قطبي وقد ينقسم الجسم القطبي الآخر الانقسام ميوزي ثان فينتج جسمان قطبيان وتكون المحصلة ثلاث أجسام قطبية ويتم الانقسام الميوزي الثاني لحظة دخول الحيوان

المنوي داخل البويضة لاتمام عملية الاخصاب



تحتوي البويضة سيتوبلازم ونواة و غلف بطيقة رقيقة متماسكة بفعل حمض الهيالوورنيك . وتعمل الإزيمات الجسم القسي للحيوانات المنوية على إذابتها عند موضع الاختراق . لذا تحتاج عملية اختراق البويضة إلى ملايين من الحيوانات المنوية.

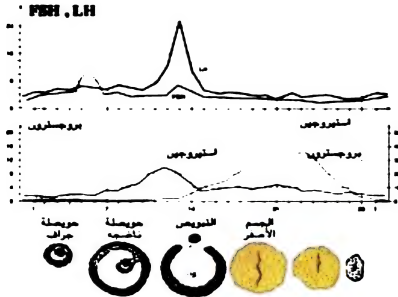
توجد في حياة الثدييات المشيمية عامة والتي منها الإنسان فترات معينة ، ينشط فيها المبيض في الأثنى البالغة بصفة دورية منتظمة. تتزامن مع وظيفة التزاوج والإنجاب فيها فتصرف بدورة التزاوج. وتختلف مدة هذه الدورات في الثدييات المختلفة فهي سنوية كما في الأسد والنمر ونصف سنوية كما في القطط والكلاب، وشهرية كما في الأرانب والفئران، أما في الإنسان فتصرف باسم الدورة الشهرية (دورة الطمث) ومدتها ٢٨ يوماً ويتبادل المبيضان في إنتاج البويضات.

دورة الطمث (الحيض) ، Menstrual Cycle

تنقسم دورة الحيض (شكل ٢٦) إلى ثلاثة مراحل كما يلي ،

أ - مرحلة نضج البويضة ،

يفرز الغص الأمامي للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون التحويصل (F.S.H) هذا الهرمون يحفز المبيض لإنتاج حويصلة جراف (Graafian follicle) المحتوية على البويضة. يستغرق نمو حويصلة جراف حوالي عشرة أيام.

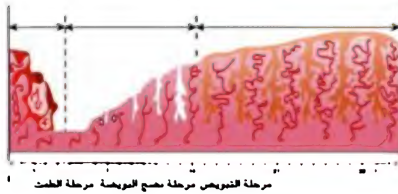


تفرز حويصلة جراف أثناء نموها هرمون الاستروجين (Estrogen) الذي يعمل على إثراء بطانة الرحم.

ب- مرحلة التبويض،

تبدأ هذه المرحلة عندما يفرز الغص الأمامي للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون المنصف L.H هذا الهرمون يفرز في اليوم الرابع عشر من بدأ الطمث . ويؤدي إلى انفجار حويصلة جراف وتحرير البويضة وتكون الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف.

يفرز الجسم الأصفر هرمون البروجسترون (Progesterone) . يعمل هذا الهرمون على زيادة سمك بطانة

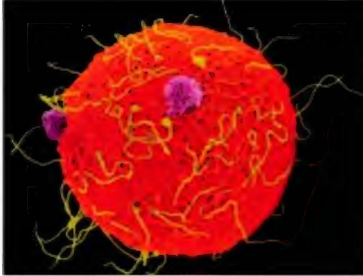


شكل (٢٦) مخطط دورة الطمث

جـ - مرحلة الطمث:

إذا لم تحسب البويضة . يبدأ الجسم الأصفر في الضمور التدريجي ويقل إفراز هرمون البروجسترون . ويؤدي ذلك إلى تدهم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم مما يؤدي إلى خروج الدم فيما يسمى "بالطمث" الذي يستغرق من ٣-٥ أيام وتبدأ دورة جديدة للمبيض الآخر . أما في حالة حدوث إخصاب للبويضة . يبقى الجسم الأصفر لإفراز هرمون البروجسترون بما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة . ويصل الجسم الأصفر لأقصى نموه في نهاية الشهر الثالث للحمل ثم يبدأ في الانكماش في الشهر الرابع . حينما تكون المشيمة قد تقدم نموها في الرحم وتصبح قادرة على إفراز هرمون البروجسترون فتحل محل الجسم الأصفر في إفراز هذا الهرمون الذي ينبه الغدد التنجية على النمو التدريجي . تحلل الجسم الأصفر قبل الشهر الرابع (أي قبل إكمال نمو المشيمة) يؤدي إلى الإجهاض .

الإخصاب:



(شكل ٢٧) إخصاب البويضة

هو اندماج المشيج المذكر (الحيوان المنوي) مع المشيج المؤنث (البويضة) لتكوين الزيجوت الذي ينقسم مكوناً الجنين.

- بعد تحرر البويضة في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث تكون جاهزة للإخصاب في خلال يومين . ويتم إخصابها في الثلث الأول من قناة فالوب.

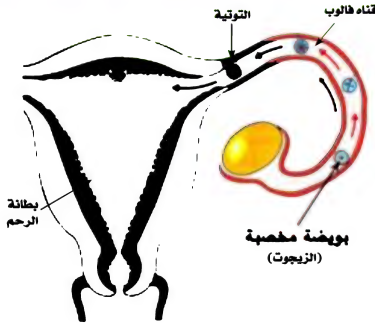
- عدد الحيوانات المنوية التي تخرج من الرجل في كل نزاج تتراوح ما بين ٣٠٠-٥٠٠ مليون حيوان منوي

مليون حيوان منوي يفقد الكثير منها أثناء رحلتها إلى البويضة و لذلك قد يعتبر الرجل قديماً إذا كان عدد الحيوانات المنوية عند التزاوج أقل من ٢٠ مليون حيوان منوي.

- تشترك الحيوانات المنوية معاً في إفراز الإنزيم الهاضم الذي يذيب جزء من غلاف البويضة ليدخل حيوان منوي واحد . (يدخل الرأس و المنق فقط) (شكل ٢٧)

- يمكن للحيوانات المنوية أن تبقى حية داخل الجهاز التناسلي المؤنث حوالي ٢-٣ يوم .

- بعد الإخصاب تحيط البويضة نفسها بغلاف يمنع دخول أي حيوان منوي آخر.



شكل (٢٨) تفاج البويضة المخضبة

الحمل ونمو الجنين:

تنقسم اللاقحة (الزيجوت) بعد يوم واحد من الإخصاب إلى بدائية قناة فالوب إلى خليتين (هجتين) بالانقسام الميتوزي ثم تتضاعف لأربعة خلايا في اليوم التالي . ثم يتكرر الانقسام حتى تتحول إلى كتلة من الخلايا الصغيرة تصنف باسم التوتية (Morula) التي تهبط ببطء أهداب قناة فالوب لها تصل إلى

الرحم وتنفص بين ثنايا بطانة الرحم السمك في نهاية الأسبوع الأول. (شكل ٢٨).

وتتميز بطانة الرحم بالإمداد الدموي اللازم لتكوين الجنين طوال أشهر الحمل التسعة.

الأغشية الجنينية:

يتزايد نمو الجنين . ويتدرج بناء الأنسجة وتكوين الأعضاء و ينشأ حول الجنين غشاءان . الخارجي يسمى السلى (Chorion). والداخلي يسمى الرهل. (Amnion)

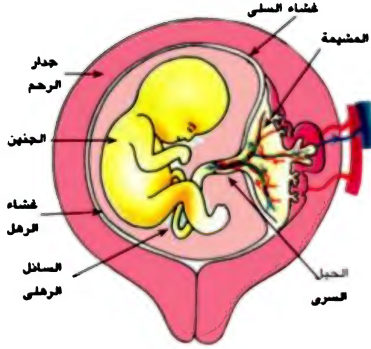
(أ) غشاء الرهل:

هو غشاء يحيط بالجنين ويحتوي على سائل يحمي الجنين من الجفاف وتحمل الصدمات.

- يتصل الجنين بالمهيمة بواسطة الحبل السرى (Umbilical Cord) الذي يصل طوله حوالي ٧٠ سم ليسمح بحرية حركة أكبر للجنين و الحبل السرى يسحب غنى بالشعيرات الدموية التي تقوم بنقل المواد الغذائية المحضومة و الفيتامينات الماء والأملاح والأكسجين من المشيمة إلى الدورة الدموية للجنين وتقوم بنقل المواد الأخرجة وثاني أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة.

(ب) غشاء السلى:

هو غشاء يحيط حول غشاء الرهل . ووظيفته حماية الجنين . يخرج من غشاء السلى بروتات أو خملات اسبعية الشكل تنفص داخل بطانة الرحم وتلتصق فيها الشعيرات الدموية لكل من الجنين والأم وتسمى المشيمة (شكل ٢٩) .



شكل (٢٩) الجنين والأغشية الجنينية

أهمية المشيمة :

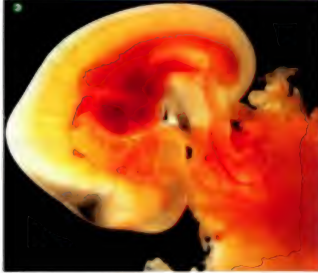
- ١- نقل المواد الغذائية المهضومة و الماء والأكسجين و الفيتامينات من دم الأم إلى دم الجنين بالانتشار وتخلص الجنين من المواد الإخراجية دون أن يختلط دم الجنين بدم الأم.
- ٢- إفراز هرمون البروجسترون بدءاً من الشهر الرابع من الحمل حيث يضمن الجسم الأصفر. وتصبح المشيمة هي مصدر إفراز هرمون البروجسترون -

تقوم المشيمة أيضاً بنقل الطاقه و المواد الضارة مثل الكحول و النيكوتين و الفيروسات من دم الأم إلى الجنين. مما يسبب له أضراراً بالغة و تشوهات وأمراض.

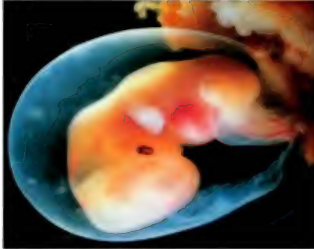
تنقسم فترة تكوين الجنين إلى ثلاثة مراحل هي :

- (أ) المرحلة الأولى : وتشمل الشهور الثلاثة الأولى من الحمل . حيث يبدأ تكوين الجهاز العصبي و القلب (في الشهر الأول) وتتميز العنان و اليدين . ويتميز الذكر عن الأنثى (تتكون الخصيتين في الأسبوع السادس و يتكون المبيضان في الأسبوع الثاني عشر) ويكون له القدرة على الاستجابة.
- (ب) المرحلة الثانية : تشمل الشهور الثلاثة الوسطى . حيث يكتمل نمو القلب و يسمع دقاته ... ويتكون الجهاز الهضمي . و تكتمل أعضاء الحس ويزداد في نمو الحجم (شكل ٣٠) .

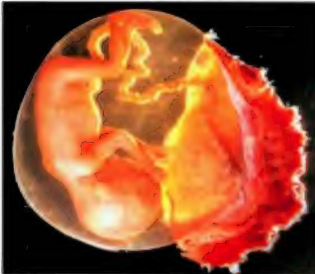
(ج) المرحلة الثالثة : تشمل الشهور الثلاثة الأخيرة . حيث يكتمل نمو المخ ويتباطأ نمو الجنين في الحجم ويستكمل نمو باقي الأجهزة الداخلية . في الشهر التاسع يبدأ تفكك المشيمة ويقل البروجسترون و يقل تماسك الجنين بالرحم . استعداداً للولادة. ثم يبدأ المخاض بالقباض عضلات الرحم بشكل متتابع مما



(أ)



(ب)



(ج)

شكل (٣٠) تكوين الجنين

يُدفع بالجنين إلى الخارج و يبدأ بصرخة يعمل على آخرها جهازه التنفسي . ثم تنفصل المشيمة من جدار الرحم وتُطرد للخارج . ثم يتم قطع الحبل السرى من جهة المولود . ويتحول غذاؤه إلى لبن الأم بتبنيه هرمونى من الغدة النخامية إلى لدى الأم . يفرز فيتغذى الوليد بأشمن غذاء جسدى وعاطفى . يحميه من كثير من الاضطرابات العضوية والنفسية هي المستقبل .

وقد لوحظ أن عمر الأثنى المناسب للحمل ما بين ١٨ و ٣٥ سنة - فإذا قل أو زاد عن ذلك تعرض كل من الأم والجنين لمتاعب خطيرة . كما تزداد احتمالات التشوه الخلقي بين أبنائها . كما أن الإنجاب من زوج مسن قد يؤدى لنفس النتيجة هي الأبناء .

ملحوظة : تختلف مدة الحمل باختلاف نوع الكائن ، فهي ٢١ يوم في الفأر - ١٥٠ يوم في الأضفاد - ٢٧٠ يوم في الإنسان .

وسائل منع الحمل

يتم منع الحمل بعدة طرق،

- ١- الأقراص: تحتوي على هرمونات صناعية تشبه الاستروجين والبروجيستيرون. يبدأ استخدامها بعد انتهاء الطمث ولمدة ثلاثة أسابيع. تمنع هذه الحبوب عملية التبويض.
- ٢- اللولب: يستقر في الرحم فيمنع استقرار البويضة المخصبة في بطانة.
- ٣- الواقي الذكري: يمنع دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل.
- ٤- التعقيم الجراحي: عن طريق ربط قناتي فالوب في المرأة أو قطعها فلا يحدث إخصاب للبويضات التي ينتجها المبيض. أو تعقيم الرجل بربط الوعاءين الناقلين أو قطعهما فلا تخرج خلايا الحيوانات المنوية.

تحدد المواليد :



شكل (٣١) توأم متماثل

عادة ما يولد جنين واحد في كل مرة. وفي بعض الأحيان تتعدد المواليد حتى ستة في نفس الوقت. لكن أكثرها شيوعاً هي التوائم الثنائية، حيث نسبتها العالمية ٨٦,١ ولادة هرمنية. وتندر التوائم المتعددة، وهناك نوعان من التوائم ..

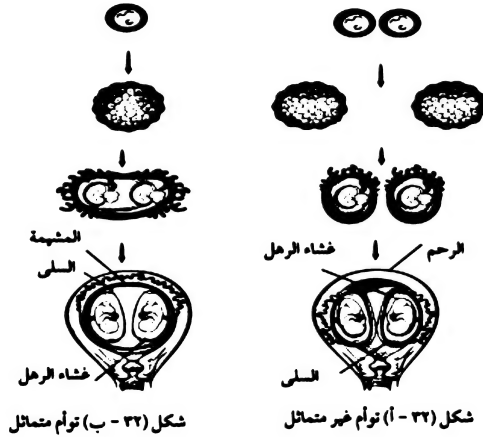
(أ) توأم متاخية- غير متماثلة (ثنائية

اللاقحة) (Dizygotic Twins) :

تحدث نتيجة تحرر بويضتين (من مبيض واحد أو كليهما) وإخصاب كل منهما بحيوان منوي على حدة فيكون جنينين مختلفين وراثياً ولكل منهما كيس جنيني وشيمة مستقلة (شكل ٣٢ - أ) فهما لا يزيدان عن كونهما شقيقتين لهما نفس العمر.

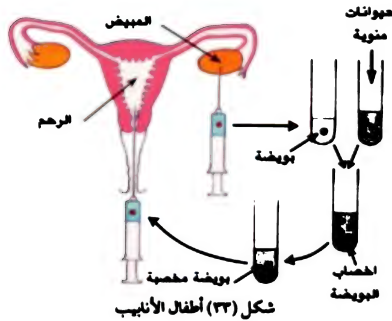
(ب) توأم متماثلة (أحادية اللاقحة) (Monozygotic Twins) :

تنتج من بويضة واحدة مخصبة بحيوان منوي واحد. وأثناء تطورها تنقسم إلى جزئين. كل جزء منها يكون جنيناً. تجمعهما شيمة واحدة (شكل ٣٢ - ب) ويكونا متطابقين تماماً في جميع الصفات الوراثية. وقد يولد هذا التوأم ملتصقين في مكان ما بالجسم فيعرف بالتوأم السيامي ويتم الفصل بينهما جراحياً في بعض الحالات.



أطفال الأنابيب :

يتم فصل بويضة من مبيض المرأة وإخصابها بحيوان منوي من زوجها داخل أنبوبة اختبار. وراثتها هي وسط مفلدى حتى تصل إلى مرحلة التوتية ثم يهاه زرعها في رحم الزوجة حتى يتم اكتمال تكوين الجنين (شكل ٣٣).



زراعة الأنوية

أجريت تجارب زراعة الأنوية في الضفادع والفئران حيث يتم إزالة الأنوية من خلايا أجنة الضفدعة في مراحل مختلفة من النمو، وزراعتها في بيوضات شير مخصصة للضفادع سبق نزع أنويتها أو تحطيمها بالإشعاع - فضت كل منها في النمو العادي إلى أفراد ينتمون في صفاتهم للأنوية المزروعة ، وثبت من ذلك أن النواة التي جاءت من خلية من جنين متقدم لا تختلف في قدرتها على توجيه نمو الجنين عن نواة اللاحقة نفسها .

بنوك الأمشاج

توجد في بعض دول أوروبا وأمريكا بنوك للأمشاج الحيوانية المنتخبة وخاصة الماشية والخيول، بهدف الحفاظ عليها والإكثار منها وقت الحاجة، وتُحفظ هذه الأمشاج في حالة تبريد شديد (-120°C) لمدة تصل إلى ٢٠ سنة ، تُستخدم بعدها في التلقيح الصناعي حتى بعد وفاة أصحابها أو تعرض بعض الأنواع النادرة منها للأقراض ، كما يرفض بعض الناس في الاحتفاظ بأمشاجهم في تلك البنوك ضماناً لاستمرار أجيالهم حتى بعد وفاتهم بسنوات طويلة ، وتجرى بحوث للتحكم في جنس المواليد في حيوانات المزرعة حيث يمكن فصل الحيوانات المنوية ذات السبلي (X) من الأخرى ذات السبلي (Y) بوسائل معملية كالطرد المركزي أو تعرضها لمجال كهربى محدود ، وذلك بهدف تطبيق تلك التقنيات على الماشية لإنتاج ذكور فقط من أجل إنتاج اللحوم أو إناث فقط لإنتاج الألبان والتكاثر حسب الحاجة . وبعد ذلك - هل ستحتاج هذه التقنية في حالة الإنسان؟

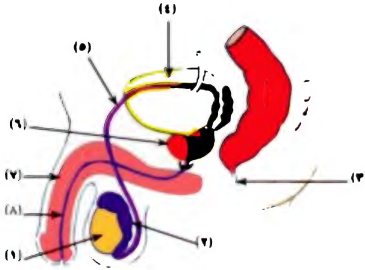
الأنشطة العملية

- ١- الفحص المجهرى لتبرعم فطر الخميرة .
- ٢- الفحص المجهرى لفطر عفن الخبز .
- ٣- فحص فطر عيش الغراب .
- ٤- فحص الإقتران فى طحالب الاسبيروجيرا مجهرياً.
- ٥- فحص النبات الجرثومى والنبات المشيجى فى الفوجير.
- ٦- فحص تركيب زهره نموذجية .
- ٧- الفحص المجهرى لقطاع فى المتوك و فحص حبوب اللقاح.
- ٨- الفحص المجهرى لقطاع فى مبيض زهره والتعرف على مكوناته .
- ٩- فحص بعض الثمار مثل الطماطم والباذنجان والتفاح والكوسة .
- ١٢- فحص قطاع فى مبيض فأنو أرنب .
- ١٢- فحص قطاع فى خصيه فأنو أرنب.
- ١٤- مشاهدة أفلام تتناول مراحل تكوين الجنين داخل الرحم .

أسئلة

س١ اختر الاجابة الأكثر دقة في الأسئلة التالية،

- ١ - متوسط المدى الذي يظل فيه البويضة حية داخل قناة فالوب
 - أ- ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٣ أيام
 - ٢ - متوسط المدى الذي يظل فيها الحيوان المنوي حتى داخل الجهاز التناسلي للأنثى .
 - أ- ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٢-٣ يوم
 - ٣ - تحدث عملية إخصاب البويضة في ..
 - أ- الرحم ب- النصف الأخير من قناة فالوب ج- بداية قناة فالوب د- المبيض
 - ٤ - عند المرأة البالغة حيث دورة الطمث ، تستغرق ٢٨ يوم ، يحدث التبويض
 - أ - في اليوم التاسع من بدأ الطمث ب - في اليوم الرابع عشر من بدأ الطمث
 - ج- في اليوم التاسع من انتهاء الطمث د- في اليوم الثاني عشر من بدأ الطمث
 - ٥ - انقماش البويضة المنحصة في بطانة الرحم يكون بعد
 - أ - يوم واحد بعد الإخصاب ج- ٧ أيام بعد الإخصاب
 - ب- ٤ أيام بعد الإخصاب د- ٥ ساعات بعد الإخصاب
 - ٦ - يفرز هرمون FSH وهرمون LH من ،
 - أ- حويصلة جراف ب- الجسم الأصفر ج- بطانة الرحم د- الغدة النخامية
 - ٧ - من وظائف هرمون LH
 - أ- التبويض ج- ضمور الجسم الأصفر
 - ب- نمو حويصلة جراف د- نمو الغدة النخامية
- س٢ (١) من بين المواد التالية، أي منها ينتقل من دم الأم إلى دم الجنين عبر المشيمة؟
- أ- جلوكوز ب- الكحوليات ج- الفيروسات د- خلايا الدم الحمراء
 - هـ - الأحماض الأمينية و- الأكسجين
- (٢) الحيوانات المنوية لا تستطيع أن تعيش إلا في وسط شاذي لأنه لا يمكنها تخزين غذاء بداخلها .
- أ - العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما .
 - ب - العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهما .
 - ج- العبارتين خاطئتين .
 - د- العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة .
 - هـ - العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة .
- (٣) يبدأ إفراز هرمون البروجسترون بعد ثلاثة شهور من حدوث الحمل، لأن المبيض هو الذي يفرز هذا الهرمون بمفرده .
- أ - العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما.
 - ب- العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهما .
 - ج- العبارتين خاطئتين .
 - د- العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة.
 - هـ - العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة.



س ٢ من خلال الرسم المقابل وضع :
 أ - البيانات التي تشير إليها الأرقام
 ب - ما الجزء الذي لا يدخل ضمن تركيب الجهاز التناسلي ؟

ج- ما أهمية الجزء رقم (٣) . (٦)
 د- ماذا يحدث إذا كان العضو رقم (١) موجود داخل الجسم ؟ ولماذا ؟

هـ- ماذا يحدث في حالة إستئصال العضو (١) ؟
 س ٤ من خلال الرسم المقابل وضع :
 أ - البيانات التي تشير إليها الأرقام
 ب- مراحل تكوين الحيوانات المنوية
 ج- أهمية الخلايا رقم (٦) ورقم (٧)
 د- وضع بالرسم تركيب الحيوان المنوي مع

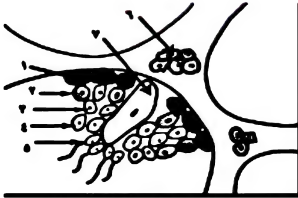
كتابة البيانات

س ٥ من خلال الرسم المقابل وضع :

أ - البيانات التي تشير إليها الأرقام
 ب- ما أهمية العضو رقم (١) . (٤)

ج- أين تحدث عملية الإخصاب ؟

د- ما التغيرات التي تحدث للجزء رقم (٣) أثناء دورة الحيض ؟



هـ- ماذا يحدث عند إستئصال المبيضين من امرأة أثناء فترة الحمل ؟ ولماذا ؟

س ٦ علل لما يأتي :

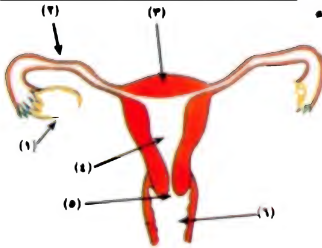
١- يلجأ الاسبيروجيرا أحيانا للاقتران الجائس .
 ٢- يختلف التجدد في المهبط عن التجدد في القشريات .

٣- يلي الاقتران في الاسبيروجيرا انقسام موزع .

٤- يضاف خلاصة حيوب القلاح على مبايض الأزهار .

٥- نواة الالندوسبرم ثلاثية المجموعة الصبغية .

٦- تعامل الحيوانات المنوية لمامشية بالطرد المركزي .



٧- أهمية وجود القطعة الوسطى للحيوان المنوي أثناء إخصاب البويضة .

٨- يضمن الجسم الأصفر في الشهر الرابع من الحمل ومع ذلك لا يحدث الأجهاش .

٩ - يشترط لحدوث الإخصاب أن تكون الحيوانات المنوية بأعداد هائلة .

١٠ - يتضخم جدار الرحم ويصبح غنياً بمجرد إخصاب البويضة .

١١ - وجود الخصيتان خارج الجسم في معظم الثدييات .

س٧ ماذا يحدث فى الحالات الآتية.....؟

١- ضمور الجسم الأصفر فى الشهر الثانى من الحمل .

٢- وجود الطصتين داخل الجسم فى الإنسان .

٣- إخصاب بويضتين بحيوانين منويين فى وقت واحد .

س٨ قارن بين :

أ- الانقسام الممتوزى والانقسام الميوزى

ب- النبات المشجى و النبات الجرحومى فى نبات كزبرة البئر

ج- التوالد البكرى والأثمار العذرى

د- زراعة الأنسجة وزراعة الأجنة

هـ- هرمون LH وهرمون FSH

و- التوائم المتماثلة و التوائم الشقيقة

س٩ تتكاثر بعض الكائنات الحية تكاثرا جنسيا يعقبة تكاثرا لا جنسيا فى دورة

حياتها:

أ - ما هو المصطلح العلمى لهذه العبارة وما مدى الاستفادة منها .

ب - ما سبب انتشارها بين الطفليات .

س١٠ يحاط الجنين داخل الرحم بنوعين من الأغشية ما هما ؟ وما أهمية كلا منهما ،

س١١ من خلال الرسم المقابل وضح :

أ - البويضات التى تشهر إليها الأرقام .

ب - كيف تتكون البذرة ؟ وكيف يتحدد نوعها ذات طقة أو

ذات طقتين ؟

ج- ماذا يحدث إذا لم تلقح الزهرة ؟

د- ماذا يحدث إذا لقحت الزهرة ولم تخصب ؟

هـ- كيف تحصل على ثمار بلا بذور صنعها ؟

س١٢ اكتب اسم الهرمون الذى يؤدى الى :

١ - نمو حويصلة جراف فى المبيض

٢ - انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة

٣ - ظهور الصفات الثانوية الذكورية

٤ - توقف التبويض ونمو بطانة الرحم

س١٣ ما المقصود بكل من :

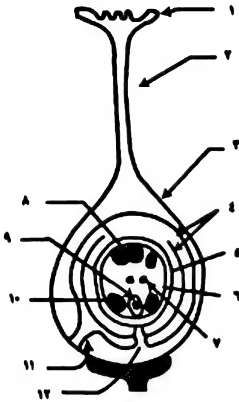
دورة التزاوج- التوالد البكرى - الأثمار العذرى - الإخصاب

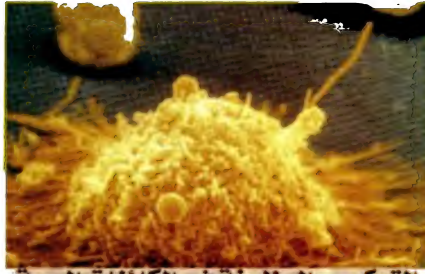
المزدوج - الجسم الأصفر - الأندماج الثلاثى - الثمرة الكاذبة

-الرحل .

س١٤ وضح بالرسم مراحل نضج البويضة فى نبات

زهري لكى تصبح جاهزة للإخصاب.





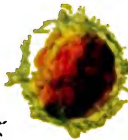
التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الرابع

المناعة في الكائنات الحية

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرا على أن :

- يتعرف مفهوم المناعة وأهميتها للكائنات الحية
- يقارن بين المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة
- يستنتج مسببات المرض عند النباتات
- يشرح كيف يعمل جهاز المناعة في النبات
- يتعرف المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية في النبات
- يحدد مكونات الجهاز المناعي في الإنسان
- يتعرف الأعضاء الليمفاوية في الإنسان
- يحدد أنواع الخلايا الليمفاوية
- يتعرف الأجسام المضادة وطرق عملها
- يفسر آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان
- يحدد بعض وسائل المناعة الطبيعية
- يقدر جهود العلماء في التقدم المذهل في علم المناعة
- يقدر عظمة الغائلي في دور بعض أعضاء الجسم في حمايته من الميكروبات



المناعة في الكائنات الحية

المقدمة:

تتعرض حياة أي كائن حي لتهديد مستمر سواء من مصادر حيوية مثل مسببات الأمراض كبعض الحشرات والاوليات الحيوانية والفطريات والبكتريا والفيروسات أو مصادر غير حيوية مثل الحوادث والكوارث الطبيعية واختلال عناصر البيئة المحيطة وهي المقابل لأن كل نوع من النواع الكائنات الحية يتطور من آليات الدفاع من نفسه من أجل البقاء. ومن هذه الآليات تغيير اللون بغرض التمويه وأفراس السموم لقتل الكائن الآخر أو الجري للهروب.

لهذا فإن الكائنات الحية في صراع دائم مع متهدد حياتها من أخطار لذا فقد وهب الله هذه الكائنات طرق دفاعية متقنة هذه الطرق يتم تغييرها لمواجهة اساليب العدوا المختلفة .

مما سبق يمكن تعريف المناعة Immunity بأنها مقدرة الجسم من خلال الجهاز المناعي على مقاومة مسببات المرض سواء كان ذلك من خلال منع دخول مسببات المرض إلى جسم الكائن الحي أو عن طريق مهاجمة مسببات المرض و الأجسام الغريبة والقضاء عليها عند دخولها جسم الكائن الحي.

يعمل الجهاز المناعي وفق نظامين هما المناعة الفطرية أو الموروثة innate immunity والمناعة المكتسبة أو التكيفية Acquired immunity or adaptive immunity. وهذان النظامان المناعيان يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما إذ أن المناعة الفطرية أساسية لأداء المناعة المكتسبة عملها بنجاح والعكس صحيح. وهذا التراكب يسمح للجسم بالتعامل مع الكائنات الممرضة.

المناعة في النبات

يمكن حصر مسببات المرض والموت عند النباتات في ثلاثة اسباب رئيسة هي :-

- ١- الاعداء الخطرة: تشمل حيوانات الرعي والحشرات والطيريات والبكتريا والفيروسات....الخ.
- ٢- الظروف غير الملائمة: منها الحرارة العالية والبرودة الزائدة ونقص او زيادة الماء ونقص العناصر الغذائية والتربة غير الملائمة.....الخ.

٣- المواد السامة، مثل الدخان والابخرة السامة والمبيدات الحشرية والصرف الصحي غير المعالج وماشابه ذلك والتي تتدفق من المصانع وغيرها الى الانهار ومياه الري.

هاتبا لمسبب العامل الاول اضراراً بالغة قد تؤدي بحياة النبات أو ينشأ عنها امراضاً خطيرة . بينما ينشأ من السببين الثاني والثالث اضراراً يمكن تلافيها أو علاجها بزوال السبب وإن كانت بعض عناصر السبب الثالث قد تكون قاتلة للنبات.

طرق المناعة في النبات Plant immunity :

تحمي النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض من خلال طريقتين الأولى انجاز بعض الآليات من خلال تركيب تمتلكها فيما يعرف بالمناعة التركيبية **Structural immunity** والثاني من طريق استجابات الإفراز مواد كيميائية فيما يعرف بالمناعة البيوكيميائية **Biochemical immunity** ونظراً لأهمية النبات للإنسان فإن الإنسان يستعمل طرقاً ويستحدث وسائل تعمل على حماية ووقاية النباتات من الأمراض مثل استعمال مبيدات الاصابة الفسرية وكذا مقاومة الحشرات بطرق مختلفة أو حت النباتات على مقاومة الأمراض النباتية فيما يعرف بالمناعة المكتسبة. وتنتج سلالات نباتية مقاومة للأمراض والحشرات من خلال التربية النباتية **breeding** أو استخدام الهندسة الوراثية. ويمكن أن تنتقل مركبات لتنشيط الحماية والمقاومة من خلية الى أخرى وبطريقة منتظمة من خلال جهاز النقل في النبات الذي يقابل الاوعية الموصية في الحيوانات.

أولاً ، المناعة التركيبية **Structural immunity** :

تشمل خطة الدفاع الأول لمنع المسببات المرضية من الدخول الى النبات واقتضاره بداخله،وهي عبارة عن حواجز طبيعية وهي تعمل نوعين هما ،

- وسائل مناعية تركيبية موجودة أصلاً في النبات .
- وسائل مناعية تركيبية لتكون كاستجابة للإصابة.

(أ) المناعية التركيبية الموجودة سلفاً في النبات ،

وتتمثل في الآتي،

١ - الأدمة الخارجية لسطح النبات،

تمثل حاجز الصد الأول في المقاومة وقد تتغطى بطبقة شمعية فلا يستقر عليها الماء . وبالتالي لا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات وتكاثر البكتيريا . ويكسو الأدمة الضخيرات أو الأشواك مما يحول دون تجمع الماء أو أكسها من بعض حيوانات الرعى وبذلك تقل فرص الإصابة بالأمراض.

٢ - الجدار الخلوي،

يمثل الجدار الخلوي الوافي الخارجي للخلايا وخاصة طبقة البشرة الخارجية والذي يتركب اساسا من السليولوز ويعد لثقله بدخل في تركيبه الجينين مما يجعله صلبا يصعب على الكائنات الممرضة اختراقه.

(ب) المناعية التركيبية الناتجة كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة،

وتتمثل في الآتي،

١. تكوين الخليلين Phellem(cork) formation: يتكون الخليلين لكي يعزل المناطق التي تعرضت للقطع او لتمزق نتيجة لنمو النبات في السمك او بسبب جمع الثمار او لسقوط الأوراق في الطريف او تعدى الانسان والحيوان . وهذا يمنع دخول الكائن الممرض للنبات .

٢. تكوين التيلوزات Formation of Tyloses: عبارة عن نموات زائدة تنشأ نتيجة تمدد الخلايا البارنشيمية المجاورة لقصببات الخشب وتمتد داخلها من خلال النقر . وهي لتكون نتيجة تعرض الجهاز الوعائي للقطع او لفزو من الكائنات الممرضة . حتى تعيق تحرك هذه الكائنات الى الأجزاء الأخرى في النبات.

٣. ترسيب الصمغ Deposition of Gums: تفرز اللبائنات المصابة بهجوع او قلعوم لمادة الصمغ حول مواضع الإصابة حتى تمنع دخول الميكروبات داخل النبات .

٤. تراكيب مناعية خلوية Cellular immune structures: تحدث بعض التغيرات الشكلية نتيجة للفزو . ومن أمثلتها ،

- انتفاخ الجدر الخلوية لخلايا كل من البشرة وتحت البشرة أثناء الاختراق المباشر لكائن الممرض مما يؤدي الى تثبيط اختراقه لتلك الخلايا .

- احاطة خيوط الفزل اللطرى المهاجمة للنبات بغلاف هازل يمنع انتقاله من خلية الى اخرى .

٥. التخلص من النسيج المصاب وتعرف أيضاً بالحساسية المفرطة ، حيث يقتل النبات بعض أنسجته لمنع انتشار الكائن الممرض منها إلى أنسجته السليمة وبالتالي يتخلص النبات من الكائن الممرض بموت النسيج المصاب.

ثانياً ، المناعة البيوكيميائية Biochemical immunity ،

وتتضمن الآليات المناعية التالية ،

١- المستقبلات Receptors التي تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات

هذه المركبات توجد في النباتات السليمة والمصابة على حد سواء إلا أن تركيزها يزيد في النباتات عقب الإصابة. ووظيفة تلك المركبات هي تحفيز وسائل جهاز المناعة الموجودة في النبات.

٢- مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial chemicals

تقوم بعض النباتات بإنتاج مركبات كيميائية تقاوم بها الكائنات الممرضة. وهذه المركبات إما أن تكون موجودة أصلاً في النبات قبل حدوث الإصابة أو تزيد الإصابة إلى تكوينها. ومن هذه المركبات ،
- الفينولات والجلوكوزيدات وهي مركبات كيميائية سامة تقتل الكائنات الممرضة مثل البكتيريا أو تثبط نموها وبعض هذه المركبات لا توجد أصلاً في النباتات السليمة ولكنها تتكون فقط عند مهاجمة النبات بواسطة الكائن الممرض .

- إنتاج أحماض أمينية غير البروتينية (Non-protein amino acids) وهذه الأحماض لا تدخل في بناء البروتينات في النبات ولكنها تعمل كمواد واقية للنبات وتشمل مركبات كيميائية سامة لكائنات الممرضة. ومن أمثلتها الكانافين Canavanine والسيفالوسبورين Cephalosporin.

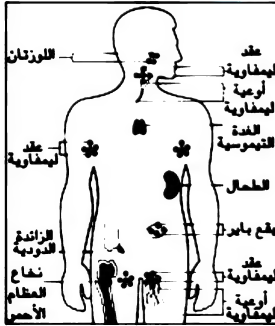
٣- بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial proteins

تقوم بعض النباتات بإنتاج بروتينات لم تكن موجودة أصلاً بالنبات ولكن يستحث إنتاجها نتيجة الإصابة وهذه تتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة وتحولها إلى مركبات غير سامة للنبات وأحياناً تنتج النباتات بعض الإنزيمات تعرف بالإنزيمات لزع السمية (Detoxifying enzymes). حيث تقوم هذه الإنزيمات بالتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة وتبطل سميتها.

مما سبق نجد أن بعض النباتات تقوم بتميز وتقوية دفاعاتها بعد الإصابة حتى تحمي نفسها من أي إصابة جديدة.

المناعة في الانسان

Human immune system الجهاز المناعي في الانسان



هو جهاز متناثر الاجزاء. أي لا ترتبط أجزاؤه ببعضها البعض بصورة تشريحية متتالية كما في الجهاز الهضمي أو التنفسي أو الدوري. فهو يتكون من أجزاء متفرقة في أنحاء الجسم. ولكنها تتفاعل وتعاون مع بعضها البعض بصورة متناسقة. وبهذا يعتبر من الناحية الوظيفية وحدة واحدة. ويطلق على بعض أعضاء الجهاز المناعي الأعضاء الليمفاوية لأنها تعد موطن للخلايا الليمفاوية وهي المكونات الرئيسة للجهاز الليمفاوي. والذي يتكون من :-

أولاً، الأعضاء الليمفاوية Lymphoid organs

شكل (١) الجهاز الليمفاوي للإنسان

هذه الأعضاء تحتوى أعداد ضخمة من الخلايا الليمفاوية وفيها يتم نضج و تمايز الخلايا الليمفاوية. ومن هذه الأعضاء ،

- نخاع العظام Bone marrow ، هو نسيج يوجد داخل العظام المسطحة مثل الترقوة والقص والجمجمة والعمود الفقري والشلووك والكلف والحوض. وزؤوس العظام الطويلة كعظام الفخذ والساق والعص. وهو المسؤول عن إنتاج خلايا الدم الحمراء والبيضاء وصفائح الدم.
- الغدة التيموسية Thymus gland ، تقع على القصبة الهوائية أعلى القلب وخلف مظلة القص. وتفرز هرمون التيموسين Thymosin الذي يحفز نضج الخلايا الليمفاوية الجنسية إلى الخلايا التائية T وتمايزها إلى أنواعها المختلفة داخل الغدة التيموسية.



شكل (٢) الغدة التيموسية



شكل (٣) الطحال

جـ - الطحال spleen، عبارة عن عضو ليمفاوى صغير لا يزيد حجمه عن "قبضة اليد". ولونه احمر قائم يقع فى الجانب العلوى الأيسر من تجويف البطن (شكل ٣). ولهعب دورا مهما فى مناعة الجسم حيث يحتوى على الكثير من خلايا الدم البيضاء التى تسمى الخلايا البلمعية الكبيرة وتقوم بالتقاط كل ما هو غريب عن الجسم سواء كانت ميكروبات أو أجسام غريبة أو خلايا جسيمة حمرة (مسنة) ككريات الدم الحمراء المسنة ويفتتها الى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم. كما أنه يحتوى على خلايا دم بيضاء أخرى تسمى الخلايا الليمفاوية.

د - اللوزتان Tonsils، هما عقدتان ليمفاويتان تقعان على جانبي الجزء الخلفى من الفم. لتلتقط اللوزتان أى ميكروب أو جسم غريب يدخل مع الطعام أو الهواء وتمنع دخوله إلى الجسم. وبذلك تعمل على حماية الجسم (شكل ٤).

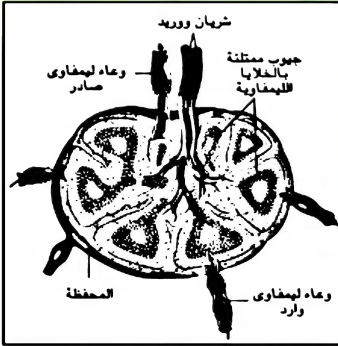


شكل (٤) اللوزتان

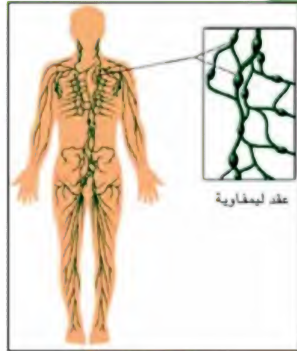
هـ - بقع باير Peyer's patches، عبارة عن عقد صغيرة من الخلايا الليمفاوية التى تتجمع على شكل لمع أو بقع لتنتشر فى الفشاء المخاطى المبطن للجزء السفلى من الأمعاء الدقيقة. ووظيفتها الكاملة غير معروفة. لكنها تكعب دورا فى الاستجابة المناعية ضد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض التى تدخل الأمعاء.

و - العقد الليمفاوية Lymphatic nodes، تقوم بتنقية الليمف

من أى مواد ضارة أو ميكروبات. وتخزن خلايا الدم البيضاء (الخلايا الليمفاوية) التى تساعد فى محاربة أى مرض أو عدوى. وتواجد العقد الليمفاوية على طول شبكة الأوعية الليمفاوية الموجودة فى جميع أجزاء الجسم (تحت الإبطين، على جانبي العنق، وفى أعلى الفخذ، وبالقرب من أعضاء الجسم الداخلية...). ويتراوح حجمها بين رأس الدبوس وبذرة الفول الصغيرة. وتنقسم العقد من الداخل إلى جيوب تمتلئ بالخلايا الليمفاوية البائية B. والخلايا الليمفاوية التائية T. والخلايا البلمعية الكبيرة وبعض أنواع خلايا الدم البيضاء الأخرى التى تخلص الليمف مما به من جراثيم وسموم الخلايا. يتصل بكل عقدة ليمفاوية عدة أوعية ليمفاوية تنقل الليمف اليها من الأنسجة لترشحه وتخلصه مما يطلق به من مسببات الأمراض القريبة من الجسم.



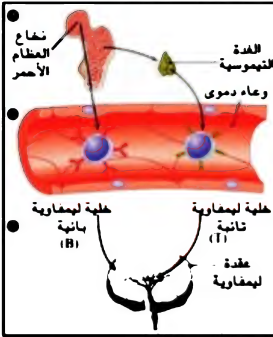
شكل (٦) تشريح العقدة الليمفاوية



شكل (٥) العقد الليمفاوية

ثانياً: الخلايا الليمفاوية Lymphocytes (غير المحببة)

تشكل حوالي ٢٠-٣٠٪ من خلايا الدم البيضاء بالدم. وتتكون جميع الخلايا الليمفاوية في نخاع العظام الأحمر. ولا تكون لها في البداية أية قدرة مناعية. هير أنها تمر في عملية نضوج وتمايز في الأعضاء الليمفاوية لتتحول بعدها إلى خلايا ذات قدرة مناعية شكل (٧). وهي تدور في الدم باحثة عن أي ميكروب أو جسم غريب تتشغل ألتها بالمطاعة والمناعية تخلص الجسم من شرور الميكروبات الممرضة التي تحاول غزو الجسم والتكاثر والانتشار فيه وتطهير أنسجته وتعطيل وظائفه الحيوية الفسيولوجية. ويوجد



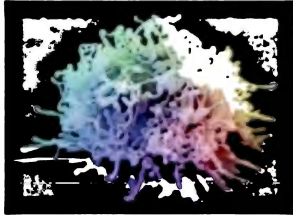
شكل (٧) مواضع تكوين ونضج وتخزين الخلايا الليمفاوية

ثلاثة أنواع من الخلايا الليمفاوية هي الدم هي :

أ - الخلايا البائية B-cells تشكل حوالي ١٠٪ إلى ١٥٪ من الخلايا الليمفاوية ويتم تصنيفها في نخاع العظام وتكمل نموها فيه لتصبح ناضجة. ووظيفتها هي التعرف على أي ميكروبات أو مواد غريبة من الجسم (مثل البكتيريا أو الفيروس). فتقوم بملاصقة هذا الجسم الغريب وتنتج أجسام مضادة له Antibodies تقوم بتدمير.

ب - الخلايا التائية T-cells تشكل حوالي ٨٠٪ من الخلايا الليمفاوية. وتنتج في الغدة التيموسية حيث تتمايز إلى عدة أنواع.

- ١- الخلايا التائية المساعدة (T_H) (Helper T-cells) تنشط الأنواع الأخرى من الخلايا التائية وتحفزها لتهاجم باستجاباتها. وكذلك تحفز الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة.
- ٢- الخلايا التائية السامة (أو القاتلة) (T_C) (Cytotoxic T-cells) ، تهاجم الخلايا الغريبة حيث تهاجم الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة وخلايا الجسم المصابة بالفيروس.
- ٣- الخلايا التائية المثبطة أو الكابحة (T_S) (Suppressor T-cells)، تنظم درجة الاستجابة المناعية للحد المطلوب. وتثبط أو تكبح عمل الخلايا التائية T والبائية B بعد القضاء على الكائن الممرض.
- ج- الخلايا القاتلة الطبيعية (NK) (Natural killer cells)، تشكل ١٠-١٥٪ من الخلايا



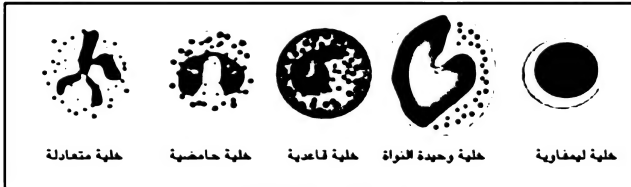
شكل (٨) خلية قاتلة طبيعية

التهافوية بالدم. ويتم اتجاها ونسجها في نخاع العظام (شكل ٨).

وهذه الخلايا لها القدرة على مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفيروس والخلايا السرطانية وتقضى عليها من خلال إنزيمات تفرزها هذه الخلايا القاتلة.

ثالثا، خلايا الدم البيضاء الأخرى (المحببة)، هي الخلايا القاعدية Basophils والخلايا الحمضية Eosinophils والخلايا المتعادلة Neutrophils. (شكل

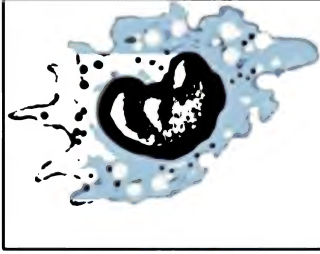
٩) ويتم التمييز بينها من حجمها وشكل النواة ولون الحبيبات الظاهرة بداخلها تحت المجهر. وهذه الحبيبات تقوم بدور رئيس في تفتيت خلايا الكائنات الممرضة المهاجمة للجسم. وبإمكانها بلعمة (ابتلاع وهضم) الكائنات الممرضة ولذلك فهي تكافح العدوى خصوصا العدوى البكتيرية و الالتهابات. وتبقى بالدورة الدموية لفترة قصيرة نسبيا تتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام. هذا، بالإضافة إلى الخلايا وحيدة النواة Monocytes التي تدمر الأجسام الغريبة وتتحول إلى خلايا بلعية عند الحاجة. و التي بدورها تلتهم الكائنات الغريبة.



شكل (٩) أنواع خلايا الدم البيضاء

رابعا الخلايا البلعمية الكبيرة Macrophages:

ومنها فوسفان،



شكل (١٠) خلية بلعمية كبيرة

١- الخلايا البلعمية الكبيرة الثابتة : تسمى باسماء مختلفة حسب التسويج الموجودة فيه وهي تتواجد في معظم أنسجة الجسم متاهبة لكل جسم غريب يتواجد بالقرب منها.

٢- الخلايا البلعمية الكبيرة الدوارة أو الجوالّة : هي الخلايا التي تحمل المعلومات التي تم جمعها من الميكروبات والأجسام الغريبة لتقدمها للخلايا المناهية المتخصصة الموجودة في الغدد

الليمفاوية المنتشرة في الجسم. وهذه الخلايا المناهية المتخصصة تلعب أدوارها الدفاعية والمناهية بعد الحصول على معلومات وأطية عن الأجسام الغريبة والميكروبات الداخلة الى الجسم. فتجهز لها ما يناسبها من وسائل دفاعية مثل الأجسام المضادة وتخصص نوع الخلايا الفالكة الذي سيتعامل معها.

خامسا المواد الكيميائية المساعدة،

تتعاون وتساعد الالآت المتخصصة للجهاز المناهي. وهي كثيرة. نذكر منها ما يلي،

١- الكيموكينات Chemokines: هي عوامل جذب الخلايا المناهية البلعمية المتحركة مع الدم بأعداد كبيرة نحو موقع تواجد الميكروبات أو الأجسام الغريبة لتحديد من تكاثر والتشاور الميكروب المسبب للمرض.

ب- الإنترليوكينات Interleukins: تعمل كأداة اتصال أو ربط بين خلايا الجهاز المناهي المختلفة ومن جهة أخرى بين الجهاز المناهي وخلايا الجسم الأخرى بالإضافة إلى مساعدة الجهاز المناهي في أداء وظيفته الدفاعية.

جـ- سلسلة المتممات أو المكملات Complements: هي مجموعة متنوعة من البروتينات والأنزيمات تقوم بتدمير الميكروبات الموجودة بالدم بعد ارتباط الأجسام المضادة بها عن طريق تحليل الأنتيجينات الموجودة على سطحها وإذابة محتوياتها لجهتها في متناول خلايا الدم البيضاء كي لتتغلب وتقتضى عليها.

د- الإنترفيرونات Interferon: عبارة عن عدة أنواع من البروتينات تنتجها خلايا الأنسجة المصابة

المصابة والتي لم تصب بالفيروس بعد وتحملها على إنتاج نوع من الانزيمات تثبت عمل إنزيمات نسخ الحمض النوى بالفيروس، ويهذا يمنع الفيروس من التكاثر والانتشار في الجسم.

سادسا الأجسام المضادة Antibodies

يوجد على سطح البكتيريا التي تغزو الانسجة مركبات تسمى مولدات الضد أو المستضدات أو الأنتيجينات Antigens .. فتقوم الخلايا المناعية البائية B بالتعرف على هذه الأجسام والمكونات الغريبة من الجسم (الأنتيجينات) من طريق ارتباط المركبات الموجودة على سطحها والتي يطلق عليها ،المستقبلات، بتلك الأنتيجينات، ثم تقوم بإنتاج مواد بروتينية يطلق عليها الأجسام المضادة Antibodies (أو الجلوبيولينات المناعية Immunoglobulins واختصارها Ig) وهي مصممة لتضاد هذه الأجسام الغريبة من الجسم حيث تقوم هذه الأجسام المضادة وجزئيات، المتممات، بالالتصاق بالبكتيريا تحطمها في متناول خلايا الدم

البيضاء الأخرى كي تلتهمها وتقتضى عليها. ويوجد منها خمسة أنواع هي،

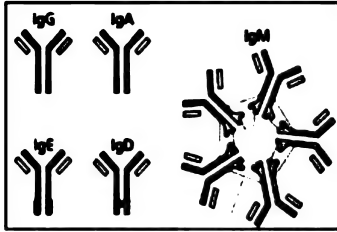
IgG و IgM و IgD و IgE و IgA

والخلايا الليمفاوية البائية B عندما تصادف الأنتيجينات لأول مرة تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين مجموعات، كل مجموعة منها تتخصص

لإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة، تتخصص

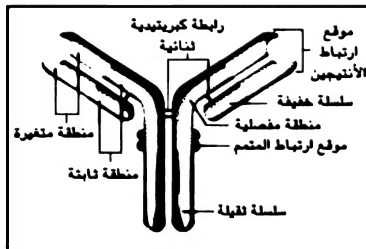
شكل (١١) أنواع الأجسام المضادة

لتضاد نوع واحد من الأنتيجينات، وبذلك تهاجم الخلايا البائية الأنتيجين (مولد الضد أو المستضد) على سطح الكائنات الحية الدقيقة والجزئيات الأخرى الغريبة من الجسم، وذلك من طريق إنتاج الأجسام المضادة التي تدور مع مجرى الدم والليمف.



شكل وتركيب الأجسام المضادة

الأجسام المضادة عبارة من جلوبولينات مناعية، تظهر على شكل حرف Y . وتوجد بالدم والقيح في الحيوانات الفقارية والإنسان. ويتم إنتاجها بواسطة الخلايا البائية البلازمية.



شكل (١٢) تركيب الجسم المضاد

يتكون الجسم المضاد من زوجين من السلاسل البروتينية، اثنان منهما طويلة وتسمى بالسلاسل الثقيلة، والاثنان الأخريتان قصيرتان وتسمى بالسلاسل الخفيفة، وتربط السلاسل ببعضها ببرابطات كبريتيدية ثنائية . وكل جسم مضاد موقعين متماثلين لارتباط الأنسجين. (شكل ١٢) ويختلف شكل هذه المواقع من جسم مضاد لآخر. وتساعد هذه

المواقع على حدوث الارتباط المحدد بين الأنسجين والجسم المضاد الملازم له، بطريقة تشبه القفل والمفتاح. ويؤدي هذا الارتباط الى تكوين مركب معقد من الأنسجين والجسم المضاد ويعرف موقع ارتباط الأنسجين على الجسم المضاد بالجزء المتغير لأن شكله يتغير من جسم مضاد لآخر، أما الجزء المتبقى من الجسم المضاد فيعرف بالجزء الثابت حيث أنه ثابت الشكل والتركيب في جميع أنواع الأجسام المضادة. ويتحدد تخصص كل جسم مضاد من خلال تشكيل الأحماض الأمينية المكونة للسلسلة الببتيدية (لتتابع الأحماض الأمينية، وأنواعها، وشكلها الفراغي الخ) وذلك في الجزء التركيبي المسئول عن الارتباط بين الأنسجين والجسم المضاد عند مواقع محددة في ذلك الجزء المتغير، والذي يتطابق مع تيجين كسيرة مرآة.

طرق عمل الأجسام المضادة :

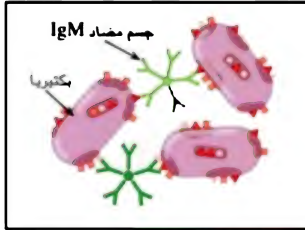
الأجسام المضادة ثنائية الارتباط، أما الأنسجينات فهي مواقع ارتباط متعددة، مما يجعل الارتباط بين الأجسام المضادة والأنسجينات أمراً مؤكداً، وتقوم الأجسام المضادة بإيقاف عمل الأنسجينات بإحدى الطرق التالية :

١- التآكل : Neutralization

إن أهم وظيفة تقوم بها الأجسام المضادة هي مقاومة الفيروسات هي تحييد الفيروسات وإيقاف نشاطها . ويتم ذلك بأن تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالأغلفة الخارجية للفيروسات وبذا تمنعها من الالتصاق

بأغشية الخلايا والانتشار أو النفاذ إلى داخلها .وإن حدث واحترق الفيروس ششاء الخلية. فإن الأجسام المضادة تمنع الحمض النووي من الخروج والتناسخ ببقائها الغلاف مغلقة.

٢- التلازن (أو الالتصاق) Agglutination :



شكل (١٣) التلازن (الالتصاق)

بعض الأجسام المضادة مثل الجسم المضاد IgM تحتوى العديد من مواقع الارتباط مع الأنتيجينات. وبالتالي يرتبط الجسم المضاد الواحد منها بأكثر من ميكروب مما يؤدي الى تجمع الميكروبات على نفس الجسم المضاد مما يجعلها أكثر ضغطا وعرضة لالتهاها بالخلايا البلعمية (شكل ١٣).

٣- الترسيب Precipitation :

ويحدث عادة في الأنتيجينات الذاتية . حيث يؤدي ارتباط الأجسام مع هذه الأنتيجينات إلى تكوين مركبات من الأنتيجين والجسم المضاد غير ذائبة وتكون هذه المركبات راسيا. وبهذا يسهل على الخلايا البلعمية Phagocytes التهام هذا الراسب (شكل ١٤).



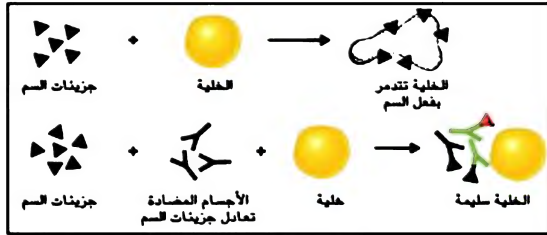
شكل (١٤) الترسيب

٤- التحلل Lysis :

ينشط اتحاد الأجسام المضادة مع الأنتيجينات بروتينات والزيما خاصة هي المتممات Complements فتقوم بتحليل أغلفة الأنتيجينات وإذابة محتوياتها فيسهل التخلص منها بواسطة الخلايا البلعمية.

٥- إبطال مفعول السموم Antitoxin :

تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالسموم وتكوين مركبات من الأجسام المضادة والسموم . هذه المركبات تنشط المتممات فتتفاعل معها لتفاعلا متسلسلا . يؤدي إلى إبطال مفعولها . كما يساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية (شكل ١٥).



شكل (١٥) إبطال مفعول السموم

آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان

كيف يقي الجهاز المناعي الجسم من الكائنات الممرضة؟

يعمل الجهاز المناعي وفق نظامين مناهيين ،

- المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

- المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية)

هذين النظامين المناهيين على الرغم من أنهما مختلفان إلا أنهما يعملان بتعاون وتسيق مع بعضهما، فكل واحد من هذين النظامين يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط رد الفعل المناعي للنظام المناعي الآخر، وهذا يسمح للجسم التعامل بنجاح مع الكائنات الممرضة.

أولاً، المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

Natural (non-specific or innate) immunity

هي مجموعة الوسائل الدفاعية التي تحمي الجسم، وتتميز باستجابة سريعة وفعالة لمقاومة ومعارضة وتفتيت أي ميكروب أو أي جسم غريب يحاول دخول الجسم، وهذه الوسائل الدفاعية غير متخصصة ضد نوع معين من الميكروبات أو الالتهيجات .

وتمر عملية المناعة الطبيعية بخطين دفاعيين متتاليين هما،

١ - خط الدفاع الأول، يتمثل في مجموعة من الحواجز الطبيعية بالجسم مثل الجلد والمخاط والدموع والعرق وحشيش الهيدروكربونيك بالعمدة. والوظيفة الأساسية لهذا الخط هي منع الكائنات الممرضة من دخول الجسم.

أ- الجلد: ويتميز بطبقة قرنية صلبة على سطحه تشكل حاجزاً مناعياً لسهولة اختراقه أو النفاذ منه. هذا بالإضافة إلى أن المرق الذي تفرزه الغدد المرقية على سطح الجلد يعتبر مهمًا لمعظم الميكروبات بسبب ملوحة المرق .

ب- الصملاخ (شمع الأذن): مادة تفرزها الأذن وتعمل على قتل الميكروبات وبذلك تحمي الأذن.

ج- الدموع: تحمي العين من الميكروبات لأنها تحتوي على مواد مضادة للميكروبات.

د- المخاط: بالممرات التنفسية، هو سائل لزج يبطن جدران الممرات التنفسية ولتتصق به الميكروبات والأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء ثم تقوم الأهداب الموجودة في بطانة هذه الممرات التنفسية بطرد هذا المخاط ومعه من ميكروبات وأجسام غريبة إلى خارج الجسم .

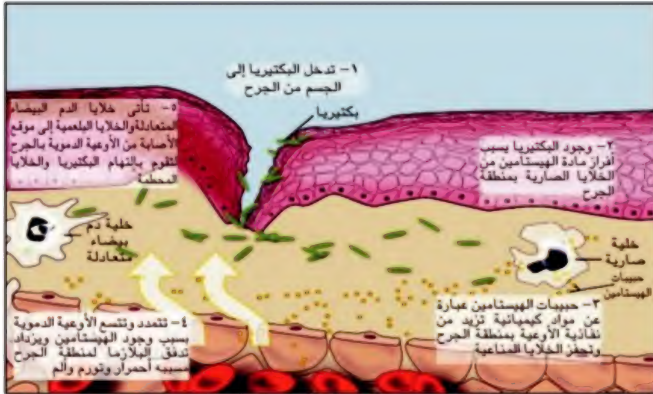
هـ- اللعاب: يحتوي بعض المواد القاتلة للميكروبات. بالإضافة إلى بعض الأنزيمات المنجية لها.

و- إفرازات المعدة المعوية: حيث تقوم خلايا بطانة المعدة بإنتاج وإفراز حمض الهيدروكلوريك القوي الذي يسبب موت الميكروبات الداخلة مع الطعام.

٢- حُط الدفاع الثاني: يعمل هذا النظام إذا ما نجحت الكائنات الممرضة في تخطي وسائل دفاع الخط الأول وقامت بغزو أنسجة الجسم من خلال جرح قطع بالجلد على سبيل المثال. ويحتكف هذا النظام من ساقه بأنه نظام دفاعي داخلي وفيه يستخدم الجسم طرق وعمليات غير متخصصة متلاحقة تحيط بالميكروبات تمنع انتشارها. وتبدأ هذه العمليات بحدوث التهاب شديد

الاستجابة بالالتهاب inflammatory response : عبارة عن تفاعل دفاعي غير تخصصي (غير نوعي) حول مكان الإصابة نتيجة لتلف الأنسجة الذي تسببه الإصابة أو العدوى. ويؤدي الالتهاب إلى حدوث بعض التغيرات في موقع الإصابة، حيث تتمدد الأوعية الدموية إلى أقصى مدى بسبب إفراز كميات من المواد المولدة للالتهاب ومن أهمها مادة الهستامين Histamine التي تفرزها أنواع من الخلايا المتخصصة مثل الخلايا الصارية Mast cells وخلايا الدم البيضاء القاعدية، وهذه المواد تزيد أيضاً من نفاذية الأوعية الدموية الصغيرة والشعيرات الدموية للسوائل من الدورة الدموية وذلك يؤدي إلى تورم الأنسجة في مكان الالتهاب كما يسمح لنفاذ المواد الكيميائية المنجية والقاتلة للبكتيريا بالتوجه إلى موقع الإصابة. وزيادة نفاذية جدران الأوعية الدموية يتيح لخلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النواة وكذلك الخلايا البلعمية الكبيرة محاربة وقتل الأجسام الغريبة والميكروبات.

بالإضافة لما سبق يوجد مكونان آخران لخط الدفاع الثاني متواجداً في معظم الأنسجة هما الالتهافرونات والخلايا القاتلة الطبيعية (NK).



شكل (١٦) الاستجابة بالالتهاب (غير المتخصصة)

ثانياً ، المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية) ،

Acquired (specific or adaptive immunity

إذا ما أخفق خط الدفاع الثاني في التخلص من الجسم الغريب فإن الجسم هنا يلجأ إلى خط دفاع ثالث ممثلاً في الخلايا الليمفاوية والتي تستجيب لذلك بحلقة من الوسائل الدفاعية المتخصصة (النوعية) التي تقاوم ذلك الكائن المسبب للمرض. وتسمى هذه الوسائل الدفاعية مجتمعة بالاستجابة المناعية The immune response ولتم المناعة المكتسبة أو التخصصية (النوعية) من خلال الهتين منفصلتين شكلياً لكنهما متداخلتان مع بعضهما البعض وهما ،

أ- المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة

Humoral or antibody-mediated immunity

تختص بالدفاع عن الجسم ضد الأنتيجينات والكائنات الممرضة (كالبكتيريا والفيروسات وكذلك السموم) الموجودة في سوائل الجسم (بلازما الدم والليمف) بواسطة الأجسام المضادة. وتتلخص في الخطوات التالية،

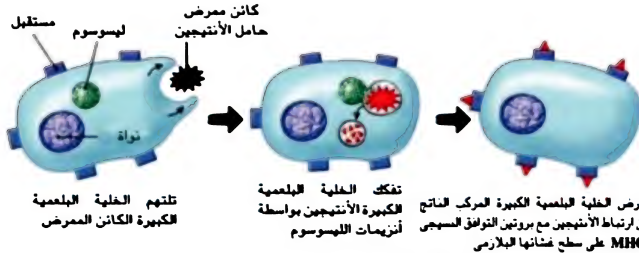
١- عند دخول كائن ممرض حاملاً على سطحه أنتيجين (مستضد) معين إلى الجسم. تتعرف الخلايا الليمفاوية البائية على هذا الأنتيجين الغريب من الجسم (كل خلية لمفاوية بائية عالية التخصص. أي تستجيب لأنتيجين معين واحد فقط). وعندما تتعرف الخلية اللمفاوية البائية على الأنتيجين

الخاص بها فإنها تلتصق نفسها به بواسطة المستقبلات المناعية الموجودة على سطحها. ويرتبط الأنتيجين مع بروتين في الخلايا الليمفاوية البائية يطلق عليه بروتين التوافق النسيجي

Major histocompatibility complex

٢- في نفس الوقت، تقوم الخلايا الليمفية الكبيرة بابتلاع الأنتيجين و تفكيكه بواسطة الزهومات الليسوسوم الى أجزاء صغيرة، ثم ترتبط هذه الأجزاء داخل الخلايا الليمفية الكبيرة ببروتين يطلق عليه بروتين التوافق النسيجي (MHC)

بعد ذلك ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع الـ MHC الى سطح الغشاء البلازمي للخلايا الليمفية الكبيرة، أي يتم عرضه على سطحها الخارجى.



شكل (١٧) دور الخلايا الليمفية الكبيرة في المناعة الخلطية

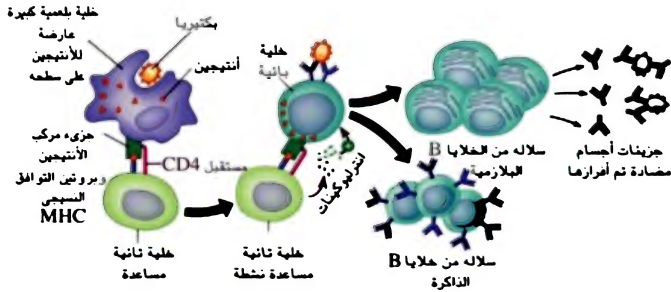
٣- تتعرف الخلايا التائية المساعدة T_H على هذا الأنتيجين من خلال بروتين التوافق النسيجي MHC الموجود على سطح الخلية الليمفية ثم ترتبط بهذا المركب ويتم تنشيطها تقوم بعد ذلك بإطلاق مواد بروتينية تسمى أنترليوكينات تقوم بتنشيط الخلايا البائية B التي تحمل على سطحها الأنتيجينات المرتبطة مع بروتين التوافق النسيجي MHC.

(ملحوظة ، لا تستطيع الخلايا التائية المساعدة T_H أن تتعرف على الأنتيجين الا بعد معالجته بواسطة الخلايا الليمفية الكبيرة وعرضه على غشائها البلازمي مرتبط مع جزيئات MHC).

٤- تبدأ الخلايا البائية B المنشطة عملها بالانقسام والتضاعف وتتمايز في النهاية الى خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة Memory cells ، والسعيد من الخلايا البلازمية Plasma cells التي تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التي تدور عبر الأوعية اللمفاوية وسجى الدم لتحارب العدوى. وتبقى خلايا الذاكرة لمدة طويلة (٢٠-٣٠ سنة) في الدم تتعرف على نوع الأنتيجين السابق اذا دخل ثانية الى الجسم حيث تنقسم وتتمايز الى خلايا بلازمية تفرز اجساما مضادة له وبالتالي تكون الاستجابة سريعة.

٥- تصل الأجسام المضادة التي أنتجتها الخلايا البلازمية الى الدورة الدموية عن طريق الليمف. ثم ترتبط بالانتيجينات الموجودة على سطح الكائنات الممرضة هيئير ذلك الخلايا البلمعية الكبيرة فتقوم باقتحام هذه الانتيجينات من جديد. وتستمر هذه العملية لمدة أيام أو أسابيع (شكل ١٨).

والأجسام المضادة التي تكونها الخلايا البلازمية تكون غير فعالة بما فيه الكفاية في تدمير الخلايا الغريبة مثل الخلايا المصابة بالفيروس. فالأجسام المضادة غير قادرة على المرور عبر أحشية الخلايا بسبب جزيئاتها الكبيرة نسبياً وبالتالي فهي لا تستطيع الوصول الى الفيروس الذي يتكاثر داخل الخلية. وفي هذه الحالة تتم مقاومة هذه الخلايا الغريبة بواسطة الخلايا الليمفاوية الثانية T.



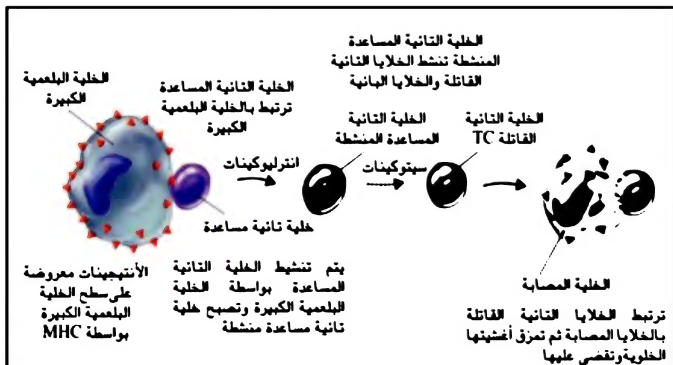
شكل (١٨) المناعة الخلطية (بالأجسام المضادة)

ب- المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة ،

Cellular or cell-mediated immunity

هي الاستجابة المناعية التي تقوم بها الخلايا الليمفاوية الثانية T بواسطة المستقبلات الموجودة على أغشيتها التي لكسبها الاستجابة النوعية للانتيجينات. حيث تنتج كل خلية ثانية أثناء عملية التضخيم نوعاً من المستقبلات Receptors الخاصة بغشائها وبذلك فإن كل نوع من هذه المستقبلات يمكنه الارتباط بنوع واحد من الانتيجينات. ويمكن تلخيص هذه الآلية كما يلي،

١- عند دخول الكائن الممرض (البكتيريا أو الفيروسات) الى الجسم. فإن الخلايا البلمعية الكبيرة تقوم باقتحامه ثم تفككه الى أجزاء صغيرة ثم ترتبط هذه الأجزاء داخل الخلايا البلمعية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجي MHC. بعد ذلك ينتقل المركب الناتج من ارتباط الانتيجين مع الـ MHC الى سطح الغشاء البلازمي للخلايا البلمعية الكبيرة. أي يتم عرضه على سطحها الخارجى.



شكل (٢٠) دور الخلايا التائية القاتلة في المناعة الخلوية

تشبيط الاستجابة المناعية :

بعد ان يتم القضاء على الأنتهجينات الغريبة، ترتبط الخلايا التائية المنشطة (Ts) بواسطة المستقبل CD8 الموجود على سطحها مع الخلايا البلازمية والخلايا التائية المساعدة والسامة فيحفظها هذا الارتباط على إفراز بروتينات الليمفوكينات Lymphokins التي تشبط أو تكبح الاستجابة المناعية أو تعطّلها، وبذلك تتوقف الخلايا البائية (B) البلازمية عن إنتاج الأجسام المضادة وكذلك موت الكثير من الخلايا التائية المساعدة والسامة المنشطة ولكن بعضها يحتزن في الأعضاء الليمفاوية، حيث تبقى هناك مهيأة لمكافحة أي عدوى مماثلة عند الحاجة.

عندما يلقى الجهاز المناعي كائنًا ممرضًا جديدًا، فإن الخلايا البائية والتائية تستجيب لأنتيجينات ذلك الكائن الممرض وتقوم بمهاجمته حتى تقضى عليه. وهذا يستغرق وقتًا. وهذه الخلايا الليمفاوية في حاجة إلى الوقت كي تتضاعف. ولذلك فإن الاستجابة الأولية تستغرق ما بين خمسة إلى عشرة أيام كي تصل إلى أقصى إنتاجية من الخلايا البائية والتائية. أثناء هذا الوقت يمكن أن تصبح العدوى واسعة الانتشار وتظهر أعراض المرض.

المرحلة الثانية: الاستجابة المناعية الثانوية

Secondary immune response

إذا ما أصيب ذلك الفرد مرة ثانية بنفس ذلك الكائن الممرض، فإن الاستجابة المناعية تكون سريعة جدًا إلى الدرجة التي غالبًا ما يتم فيها للمعبر الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض.



شكل (٢١) الاستجابة المناعية الأولية والثانوية

وتصرف الخلايا الممسولة من الاستجابة المناعية الثانوية بخلايا الذاكرة Memory cells. فهي تحتزن معلومات عن الأنتيجينات التي حاربها الجهاز المناعي في الماضي. يحتوى جسمك على كل من خلايا الذاكرة البائية وخلايا الذاكرة

التائية. وكلا النوعين من خلايا الذاكرة

يتكون أثناء الاستجابة المناعية الأولية. ففى حين أن الخلايا البائية والخلايا التائية لا تعيش إلا أيامًا معدودة، فإن خلايا الذاكرة تعيش عشرات السنين أو قد يمتد بها الأجل طول العمر.

أثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض، تستجيب خلايا الذاكرة لذلك الكائن الممرض فور دخوله إلى الجسم. فتبدأ في الانقسام سريعًا وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والعديد من الخلايا التائية النشطة خلال وقت قصير.

أسئلة

س١ اختر الاجابة الصحيحة مما يلي :

١- من أمثلة المناعة البيوكيميائية هي النباتات

أ- تكوين الفلين ب- إنتاج الفينولات ج- ترسيب الصمغ د- تكوين التيلوزات

٢- يتم نشج الخلايا الليفية الجذعية الى الخلايا التائية T وتمايزها الى انواعها المختلفة هي .

أ- نخاع العظام ب- الغدة التيموسية ج- الطحال د- الازوتان

٣- تصنع الخلايا البائية B وتنشج هي

أ- الغدة التيموسية ب- نخاع العظام ج- الطحال د- الازوتان

٦- الخلايا الليفية التي توجد في الدم هي

أ- الخلايا البائية B ب- الخلايا التائية T

ج- الخلايا القاتلة الطبيعية د- جميع ما سبق

٤- الخلايا الليفية التي تهاجم الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة هي

أ- الخلايا التائية T المساعدة ب- الخلايا التائية T السامة

ج- الخلايا التائية T المثبطة د- جميع ما سبق

٥- من الخلايا التي لها القدرة على التهام الميكروبات والأجسام الغريبة.....

أ- الخلايا الليمفية الكبيرة ب- خلايا الدم البيضاء عديدة الألوان

ج- خلايا الدم البيضاء وحيدة النواة د- جميع ما سبق

س٢ علل لما يأتي :

■ تلفلج الجدار الخلوي لخلايا النبات بالسيلولوز واللجنين

■ تمتد من الخلايا البارنشيمية المجاورة للصبغات الخشب بروتات تدخل من خلال النقر عند تعرض

الجهاز الوعائي لقطع أو خزو الكائنات الممرضة

■ تفرز بعض النباتات مركبات سامة مثل الفينولات

■ يزداد افراز الأنتريهرونات في الخلايا المصابة بالفيروسات

■ تعدد أنواع الأجسام المضادة

■ تعتبر الموع واللقاب من أنواع المناهضة الطبيعية

■ لا يصاب الانسان بالحصبة الا مرة واحدة

■ يقتل النبات بعض المسجته المصابه بالميكروب

س٢ ماذا يحدث في الحالات التالية ؟

١- دخول ميكروب حاملا على سطحه التهييج معين الى الجسم

٢- حدوث قطع في جزء من النبات

٣- إصابة النباتات بپكتريا سامة

٤- نقص افراز هرمون التيموسين في الانسان

٥- نقص الأنتريهرونات من الخلايا المصابة بالفيروسات

س٤ قارن بين :

١- المناهضة الطبيعية والمناهضة المكتسبة في الانسان

٢- المناهضة التركيبية والمناهضة البيوكيميائية في النباتات

٣- الخلايا البائية B والخلايا التائية T

٤- الخلايا التائية السامة والخلايا التائية المنبطة

٥- الكيموكينات والانتريوكينات

٦- المتممات والانتريهرونات

٧- المناهضة الأولية والمناهضة الثانوية

س٥ ما المقصود بكل من :

١- المناهضة البيوكيميائية في النبات

٢- التياؤزات

٣- العقد الليمفاوية

٤- الخلايا التائية

٥- الخلايا البغصية الكبيرة

٦- الكيموكينات

٧- الأنتريهرونات

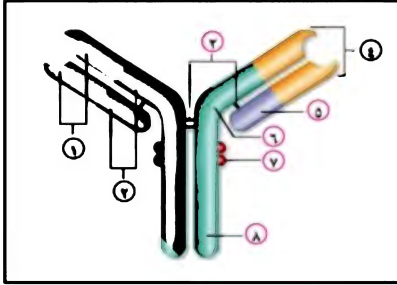
٨- سلسلة المتممات

٩- الاستجابة بالانتهاپ

س٦ اذكر مكان ووظيفة كل من :

- ١- الغدة التيموسية
- ٢- الطحال
- ٣- الهازاتان
- ٤- باق باير
- ٥- الخلايا القاتلة الطبيعية
- ٦- الصملاخ

س٧ الشكل المقابل يوضح تركيب الجسم المضاد. من خلال هذا الشكل أجب عن الآتى :



١- اكتب البهانات التى تشير اليها الأرقام

- ٢- ما هى السلاسل الثقيلة وما هى السلاسل الخفيفة ؟ وكيف ترتبط ببعضها ؟
- ٣- كيف تختلف الأجسام المضادة من بعضها ؟
- ٤- ما المقصود بالجزء الثابت والجزء المتغير من الجسم المضاد ؟

٥- كيف يتكون معقد الأنتيجن والجسم المضاد ؟

س٨ تنتج الاستجابة الالتهابية عن إصابة خلية بأذى

أ - ما دور الهستامين فى الاستجابة الالتهابية ؟

ب - ما الفائدة من استجابة أكثر من نوع من خلايا الدم البيضاء فى الاستجابة الالتهابية ؟

س٩ حدد الدور الذى تؤديه خلايا الذاكرة فى حماية الجسم من الإصابة بالأمراض ؟

س١٠ اذكر بعض وسائل المناعة الطبيعية التى تمثل خط الدفاع الأول فى الإنسان

س١١ وضح التغيرات الشكلية التى تحدث لخلايا النبات عند إصابتها بالميكروبات

س١٢ اذكر ثلاث أعضاء ليمفاوية تلعب دوراً هاماً فى جهاز المناعة فى الإنسان .. ثم

وضح دور كل عضو من هذه الأعضاء فى حماية الجسم

س١٢ وضع بالرسم مع كتابة البيانات (أ) قطاع في عقدة ليمفاوية

(ب) تركيب الجسم المضاد

س١٤ وضع بالرسم أنواع خلايا الدم البيضاء المختلفة

س١٥ ضع طرق عمل الأجسام المضادة

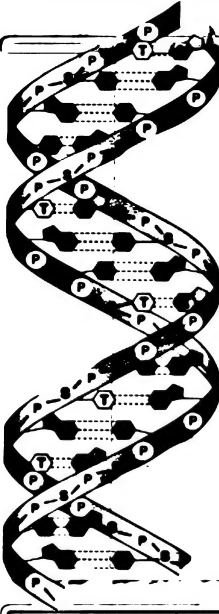
س١٦ صف كيف تتعرف الخلايا الليمفاوية على مسببات المرض وكيف يتم الارتباط

الباب الثانى

البيولوجية الجزيئية

الفصل الأول

الحمض النووى DNA والمعلومات الوراثية



فى نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

■ يتعرف دور العلماء فى معرفة مادة الوراثة.

■ يتعرف تركيب الحمض النووى DNA

■ يتعرف كيفية تشايع DNA وأهمية ذلك بالنسبة

للخلايا

■ يقدر دور العلماء فى التوصل إلى تركيب لولب DNA

وتشاعيه

■ يستنتج الفرق بين DNA فى أوليات وحقيقيات النواة

■ يتخيل طول DNA وكيف يتم تكثيفه ليشغل حجراً

صغيراً بالنواة.

■ يتعرف تركيب المحتوى الجينى.

■ يتعرف الطفرات وأنواعها.

■ يكتشف أسباب الطفرة ونواتجها.

سنعرض فيما يلي بعض الأسئلة الأساسية عن الحياة ، ما الذى يدفع البيضة الملقحة المشردة - التى نشأ كل فرد منها - إلى أن تنقسم وتنمو لتأخذ شكلاً مميزاً لكل فرد ؟ وما الذى يجعل كل فرد متميزاً عن غيره من البشر ؟ ومع ذلك فإن هناك تشابهاً عاماً بين أفراد الجنس البشرى ، والإجابة على مثل هذه الأسئلة توجد فى المعلومات الوراثية . ووحدات المعلومات الوراثية التى تتحكم فى الصفات الموروثة يطلق عليها اسم الجينات .

ولقد وجد علماء البيولوجى إنه أثناء انقسام الخلية تنفصل الصبغيات (الكروموسومات) عن بعضها البعض بحيث يصبح فى النهاية لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة فى الخلية الأصلية. مما يدل على أن الصبغيات هى التى تحمل المعلومات الوراثية: إلا أن الصبغيات يدخل فى تركيبها مركبان رئيسيان هما DNA والبروتينات فأى منهما يحمل المعلومات الوراثية ؟

ومن الواضح أن الجينات لا بد أنها تحتوى على معلومات كثيرة متنوعة : وكان من المعروف أن البروتينات مجموعة من الجزيئات المتنوعة حيث يدخل فى تركيبها ٢٠ حمضاً أمينياً مختلفاً وتجميع هذه الأحماض الأمينية بطرق متباينة تعطى عدداً لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بينما يدخل فى تركيب DNA أربع نيوكليوتيدات فقط، ولذلك اعتقد العلماء فى أول الأمر أن البروتينات هى التى تحمل المعلومات الوراثية: إلا أنه فى الأربعينيات من القرن الماضى ظهر خطأ هذا الاعتقاد. حيث اتضح أن DNA هو الذى يحمل المعلومات الوراثية . واكتشاف أن DNA هو المادة الوراثية أدى إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئى للوراثة الذى يطلق عليه عادة اسم البيولوجيا الجزيئية (Molecular Biology) وهو أحد المجالات الحديثة فى العلم الذى يتقدم بسرعة كبيرة جداً .

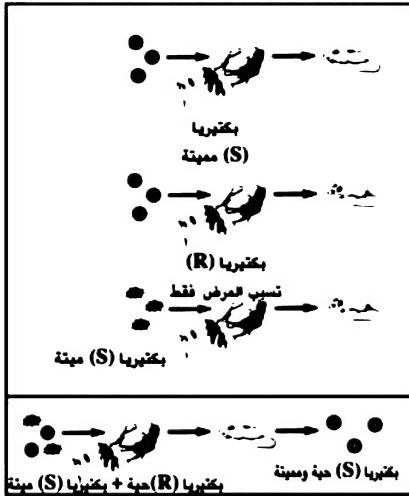
الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية

١- التحول البكتيري: (Bacterial Transformation)

ظهر أول دليل يثبت الفكرة حول اعتبار أن الجينات تتكون من البروتين في عام ١٩٢٨ حين كان العالم البريطاني جريفت (Griffith) يدرس البكتيريا المسببة لمرض التهاب الرئوى. وقد أجرى جريفت تجاربه على الفئران (شكل ١) مستخدماً نوعين من سلالة البكتيريا المسببة لالتهاب الرئوى وهما :

- سلالة مميتة (S)، تؤدى إلى موت الفئران بسبب الالتهاب الرئوى الحاد .
 - سلالة غير مميتة (R)، تؤدى إلى إصابة الفئران بالالتهاب الرئوى ولا تسبب موتها .
- وقد تأكد من ذلك بعد حقن فئران ببكتيريا (S) ضامة، بينما عند حقن مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (R) هم تمت .

- حقنت مجموعة من الفئران ببكتيريا (S) التى سبق قتلها بالحرارة فلم تمت الفئران .
- وعندما حقنت مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (S) الميتة مع بكتيريا (R) الحية لاحظ جريفت



شكل (١) تجربة جريفت

موت بعض الفئران . وعند فحص الفئران الميتة وجد بها بكتيريا (S) حية . استنتج جريفت أن المادة الوراثية الخاصة بالبكتيريا (S) قد انتقلت إلى داخل البكتيريا (R) وحولتها إلى بكتيريا مميتة من النوع (S) أطلق على هذه الظاهرة اسم (التحول البكتيرى) ولم يفسر لنا كيفية انتقال المادة الوراثية من بكتيريا (S) إلى بكتيريا (R)

وقد تمكن أفرى وزملاؤه من عزل مادة التحول البكتيرى التى تسببت فى تحول بكتيريا غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة وعند تحليل هذه المادة وجد أنها تتكون من DNA.

ولفسر النتائج السابقة على أن إحدى السلالات البكتيرية قد امتصت DNA الخاص بسلالة أخرى - وذلك بطريقة مازالت غير معروفة حتى الآن - واكتسبت هذه البكتيريا خصائص البكتيريا التي أتت منها DNA . وأهم من ذلك أن هذا التحول البكتيرى للبكتيريا المستقبلة قد انتقل إلى الأبناء . وقد أثير في أول الأمر اعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية وذلك على أساس أن الجزء من DNA الذى سبب التحول لم يكن على قدر كاف من النقاوة ، ولذلك كانت به كمية من البروتين هي التي سببت هذا التحول .

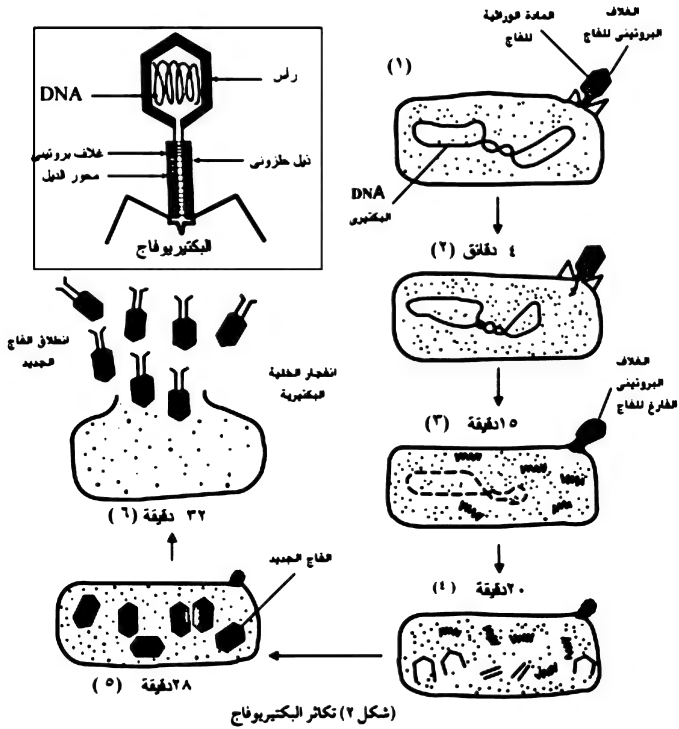
التجربة الحاسمة :

أجريت هذه التجربة عندما اكتُف واستخلص الإنزيم له القدرة على تحليل جزء DNA تحليلًا كاملاً ويسمى هذا الإنزيم دى أكسى ريبونوكليز (Deoxyribonuclease) إلا أنه لا يؤثر على المركبات البروتينية أو RNA . ولقد وجد أنه عندما هومت المادة النقطية المنتقلة بهذا الإنزيم توقفت عملية التحول مما يؤكد أن DNA هو المادة الوراثية .

٢ - لاقحات البكتيريا: (Bacteriophages)

وهناك دليل آخر على أن DNA هو المادة الوراثية يأتي من الدراسات التي أجريت على لاقحات البكتيريا (فاج Phage للاختصار) . وقد كان من المعروف قبل ذلك أن الفاج الذى استخدم في هذه التجارب يتكون من DNA وغلاف بروتينى يحيط به ويمتد ليكون ما يشبه الذيل الذى يتصل بالخلية البكتيرية التي يهاجمها . وقد لوحظ أنه بعد حوالي ٣٢ دقيقة من اتصال الفيروس بالخلية البكتيرية تنفجر الخلية البكتيرية . ويخرج منها حوالي ١٠٠ فيروس جديد مكتمل التكوين . ومن الواضح أن مادة ما (أو مجموعة مواد) مرت من الفيروس إلى الخلية البكتيرية لتحتوى على جينات الفيروس .

ومن المعروف أن DNA يدخل في تركيبه الفوسفور (كما سنرى فيما بعد) الذى لا يدخل عادة في بناء البروتين . كما أن البروتين قد يدخل في تركيبه الكبريت والذى لا يدخل في تركيب DNA . وقد استغل هيرسى (Hershey) ولغيس (Chase) هذه الحقيقة في إجراء تجربة هامة (شكل ٢) حيث قاما بترقيم DNA الفيروس بالفوسفور المصع وترقيم البروتين الفيروس بالكبريت المصع . ثم سمحا لهذا الفيروس يهاجم البكتيريا وقاما بالكشف من كل من الفوسفور المصع والكبريت المصع في داخل وخارج الخلايا البكتيرية . وقد أظهرت نتائج هذه التجربة أن كل DNA الفيروسى تقريباً قد دخل إلى داخل الخلية البكتيرية . بينما لم يدخل من بروتين الفيروس إلى البكتيريا إلا أقل من ١٪ أى أن DNA الفيروس هو الذى يدخل إلى الخلية البكتيرية ويذهبها إلى بناء فيروسات جديدة .



والاستنتاج من تجارب التحول البكتيري والتجارب التي أجريت على الخطاف هو أن الجينات على الأقل تلك الخاصة ببكتيريا الانتهاب الرئوي والخطاف - تتكون من DNA.

لاحظ أننا قصرنا هذه الاستنتاجات على الكائنات الحية التي أجريت عليها التجارب. والسؤال التالي هو، هل كل الجينات عبارة عن DNA؟

والاجابة من هذا السؤال بالنفي وذلك لأن هناك بعض الفيروسات لا يدخل DNA في تركيبها بل جيت أن RNA هو المادة الوراثية في هذه الفيروسات. إلا أن هذه الفيروسات بالتأكيد تشذ عن القاعدة حيث انها

تكون جزءاً صغيراً من صور الحياة ، وعلى ضوء الدراسات المتقدمة التي أجريت حتى الآن نؤكد أن DNA هو المادة الوراثية لكل صور الحياة تقريباً.

٣ - كمية DNA في الخلايا ،

هناك دليل مادي آخر على أن DNA هو المادة الوراثية في حقيقيات النواة عند قياس كمية DNA في أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لكائن معين (مثل الدجاج) وجد أنها متساوية ، بينما عند قياس كمية البروتين في نفس الخلايا وجد أنها غير متساوية .

وعند مقارنة كمية DNA في الخلايا الجسدية والخلايا الجنسية (الأمشاج) لنفس الكائن الحي ، وجد أن كمية DNA في الخلايا الجنسية (الأمشاج) تعادل نصف كمية DNA الموجودة في الخلايا الجسدية

وحيث إن الفرد الجديد ينشأ من اتحاد مقيع مذكر مع مقيع مؤنث لذا يجب أن يحتوي كل مقيع على نصف المعلومات الوراثية الموجودة في الخلية الجسدية وإلا فإن المادة الوراثية ستتضاعف في كل جيل بينما لا يتفق هذا مع البروتين مما يعني أن البروتين يعمل كمادة وراثية ومن جهة أخرى فإن البروتينات يتم صنعها وإعادة بنائها باستمرار في داخل الخلايا ، بينما يكون DNA ثابتاً بشكل واضح في الخلايا .

تركيب DNA

منذ أوائل الخمسينيات من القرن الحالي أصبح هناك أدلة قوية تكفي لاعتبار أن DNA يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية ، وتشغل العديد من الباحثين في محاولة التعرف على تركيب جزيء DNA ووضع نموذج له . وأي نموذج يوضع لتركيب جزيء DNA لابد أن يأخذ في الاعتبار المعلومات التالية التي انبثقت من العديد من التجارب ،

١ - يتكون DNA من النيوكليوتيدات ، وتركيب كل نيوكليوتيدة من ثلاثة مكونات ، سكر خماسي ديوكسي ريبوز (deoxyribose) في حالة نيوكليوتيدات (DNA) ومجموعة من الفوسفات مرتبطة برابطة تساهمية بذرة الكربون الخامسة في السكر وواحدة من القواعد النيتروجينية الأربعة ترتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون الأولى في السكر الخماسي ، والقاعدة النيتروجينية قد تكون أحد مشتقات البيريميدين Pyrimidine ذي الحلقة الواحدة ثايمين (Thymine) (T) أو سيتوزين (Cytosine) (C) . أو أحد مشتقات البورين Purine ذو الحلقتين ، أدينين (Adenine) (A) أو جوانين (Guanine) (G)

٢ - عندما ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها البعض في شريط DNA فإن مجموعة الفوسفات المتصلة بذرة الكربون رقم ٥ في سكر أحد النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون رقم ٣ في سكر

النوكليوتيدة التالية (شكل ٣) والشريط الذي يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه هيكل سكر فوسفات. وهذا الهيكل غير متماثل بمعنى أنه يوجد به مجموعة فوسفات ملقحة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٥ في السكر الخماسي عند إحدى نهاياته ومجموعة هيدروكسيل OH ملقحة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٣ في السكر الخماسي عند النهاية الأخرى. أما قواعد البورين والبيريميدين فإنها تبرز على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات.

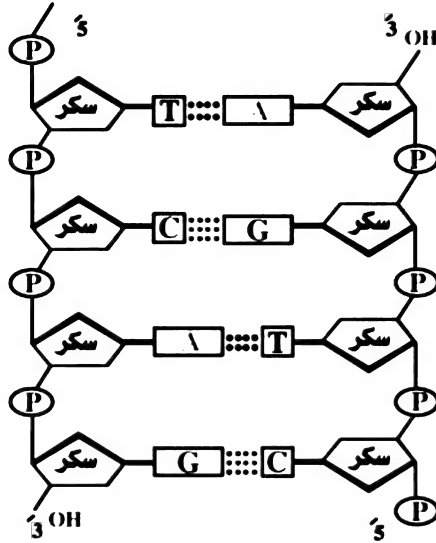
٣ - في كل جزيئات DNA يكون عدد النوكليوتيدات المحتوية على الأدينين مساوياً تلك التي تحتوي على الثايمين. وعدد النوكليوتيدات المحتوية على الجوانين تكون مساوية تلك التي تحتوي على السيتوزين أي $G = C, A = T$.

٤ - ولقد جاء الدليل المباشر على تركيب DNA من الدراسات التي قامت بها فرانكلين (Franklin) حيث استخدمت تقنية حيود أشعة X في الحصول على صور لبلورات من DNA عالي النقاوة. وفي هذه التقنية تمرر أشعة X خلال بلورات من جزيئات ذات تركيب منتظم مما ينتج عنه تشتت أشعة X حيث يظهر طراز من توزيع لقط يعطي تحليلها معلومات عن شكل الجزيء. وفي عام ١٩٥٢ نشرت فرانكلين صوراً لبلورات من DNA عالي النقاوة. ولقد أوضحت نتائجها أن جزيء DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب (helix) بحيث تكون القواعد متعامدة على طول المحيط. كما ظهرت هذه الصور دليلاً على أن هيكل سكر فوسفات يوجد في الجهة الخارجية من اللولب وتوجد القواعد النيتروجينية جهة الداخل. وعلاوة على ذلك فإن قطر اللولب دل على أنه يتكون من أكثر من شريط من DNA.

بعد أن نشرت فرانكلين صور DNA بدأ سبيل رهيب بين العلماء لوضع المعلومات المتاحة في صورة نموذج (model) لتركيب جزيء DNA. إلا أن أول من تمكن من وضع نموذج مقبول لتركيب DNA كان العالمان الإنجليزيان واطسن وكريك (Watson & Crick) ويتركب هذا النموذج من شريطين يرتبطان كالسلم حيث يمثل هيكل السكر والفوسفات جانبي السلم. بينما تمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم (شكل ٣).

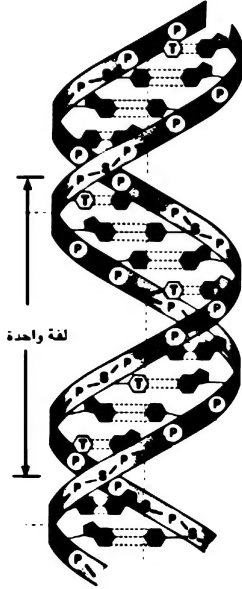
ويتكون الدرج إما من الأدينين مرتبطاً بالثايمين. أو من الجوانين مرتبطاً بالسيتوزين. وفي كل درج قد توجد أي من القواعد الأربع على أي من الشريطين. ولترتيب أزواج القواعد النيتروجينية في كل درج بروابط هيدروجينية حيث توجد رابطتان بين الأدينين والثايمين. بينما يرتبط الجوانين والسيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية (شكل ٣) وحيث إن كل زوج من القواعد النيتروجينية التي ترتبط ببعضها البعض يحتوي على قاعدة ذات حلقة واحدة. وأخرى ذات حلقتين فإن هذين درجات السلم يكون متساوياً ويكون شريطا DNA على نفس المسافة من بعضهما البعض على امتداد جزيء DNA

ولكى تتكون الروابط الهيدروجينية بشكل سليم بين زوجى القواعد النيتروجينية رأى واتسون وكريك أن شريطى جزيء DNA يكون أحدهما فى وضع معاكس للآخر بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بنزرة الكربون رقم ٥ فى السكر الطماسى فى شريطى DNA تكون عند الطرفين المعاكسين (شكل ٣).
 وأخيراً فإن سلم DNA ككل ياتلف (يعدل) بحيث يوجد عشر ذبواكوتيدات فى كل لفة على الشريط الواحد ليتكون لولب أو حلزون DNA . وحيث إن اللولب (أو الحلزون) يتكون من شريطين يلتفان حول بعضهما البعض . فإن جزيء DNA يطلق عليه اللولب المزدوج (شكل ٤) .



(شكل ٣) تركيب DNA

تضاعف DNA



شكل (1) اللولب المزدوج

قبل أن تبدأ الخلية في الانقسام لتضاعف كمية DNA بها حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم. ولقد أشار كل من واطسون وكريك إلى أن تركيب الشريط المزدوج ذي القواعد المتزاوجة لجزء DNA . يحتوى على وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة . بحيث إن الشريطين يحتويان على قواعد متكاملة . فإن تتابع النيوكليوتيدات في كل شريط يوظف المعلومات اللازمة لإنتاج الشريط المقابل . فمثلاً إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية في جزء من الشريط هو

3' ... A - A - T - C - C - ... 5'

التي لتكامل معها يكون ترتيب قواعد النيتروجينية

5' ... T - T - A - G - G - ... 3' فإذا ما تم فصل

شريطي DNA عن بعضهما البعض . فإن أياً منهما يمكن أن يعمل

كقالب لإنتاج شريط متكامل معه . ولقد قام العلماء بإجراء

المعهد من التجارب للتأكد من ذلك .

الإنزيمات وتضاعف DNA

يتطلب نسخ DNA لكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات في الخلية . ولكي يتم النسخ يتعين حدوث ما يلي :

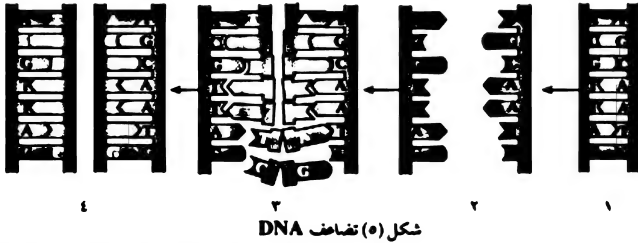
حدث ما يلي :

١ - ينكسر التحاف اللولب المزدوج .

٢ - تقوم إنزيمات اللولب (DNA-helicases) بالتحرك على امتداد اللولب المزدوج فافسدة الشريطين عن بعضهما البعض وذلك بكسر الروابط الهيدروجينية الموجودة بين القواعد المتزاوجة في الشريطين

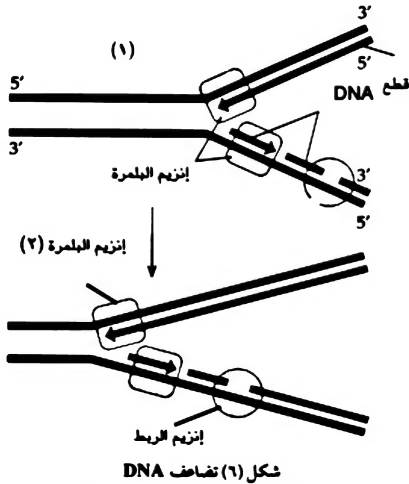
وابتمادهما عن بعضهما لتتمكن القواعد من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليوتيدات جديدة.

٣- تقوم الإنزيمات البلمرة (DNA-Polymerases) ببناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة النيوكليوتيدات واحدة بعد الأخرى إلى النهاية 3' لشريط DNA الجديد. ولكي يتم إضافة النيوكليوتيدة إلى الشريط الجديد لابد أولاً أن تتزاوج القاعدة النيتروجينية في النيوكليوتيدة مع القاعدة النيتروجينية الموجودة على شريط القالب (شكل ٥) .



ومن المعروف أن الإنزيم البلمرة يعمل في اتجاه واحد فقط من الطرف 5' إلى اتجاه 3' للشريط الجديد الذي يجري بناؤه. ولقد سبق أن ذكرنا أن شريطي لولب DNA المزدوج متوازيان كيميائياً أي أن أحدهما يكون في اتجاه 3' إلى 5'، بينما الشريط المتزاوج معه يتوجه في الاتجاه المعاكس أي في الاتجاه 5' إلى 3'، وعلى ذلك فعندما يعمل الإنزيم اللولب على فصل شريطي جزء DNA يتم ذلك في الاتجاه النهائي 3' لأحد الشريطين والنهائية 5' للشريط الآخر. وبالنسبة للشريط القالب 3' ← 5' ليست هناك مشكلة حيث إن الإنزيم البلمرة يتبع الإنزيم اللولب مباشرة مشيفاً نيوكليوتيدات جديدة إلى النهاية 3' إلا أن ذلك لا يحدث بالنسبة للشريط الآخر المعاكس. وذلك لأن الإنزيم البلمرة لا يعمل في الاتجاه 3' ← 5'. ولذا فإن هذا الشريط يتم بناؤه على شكل قطع صغيرة في الاتجاه 5' ← 3'. ثم ترتبط هذه القطع الصغيرة مع بعضها البعض بواسطة الإنزيم الربط (DNA ligase) (شكل ٦) .

- ينتظم DNA في حقيقيات النواة في صورة صيغيات حيث يحتوي كل صبغي على جزء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر، ويبدأ نسخ DNA عند أي نقطة على امتداد الجزء.
أما في أوليات النواة فإن جزء DNA يوجد على شكل لولب مزدوج إلا أن نهاياته لتتحم بعضها مع بعض. وهذا الجزء يتصل بالفشاء البلازمي للخلية عند نقطة واحدة يبدأ عندها نسخ جزء DNA.



إصلاح عيوب DNA

كل المركبات البيولوجية التي توجد على شكل بوليمرات (مركبات طويلة لتكوين من وحدات بنائية متكررة كالنشا والبروتين . والأحماض النووية) معرضة للتلف من حرارة الجسم ومن البيئة المادية في داخل الخلية ولا يشف DNA من ذلك . حيث يقدر أن حوالي ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين وجوانين) تفقد كل يوم من DNA الموجود في الخلية البشرية . وذلك لأن الحرارة تعمل على كسر الروابط التساهمية التي تربط السكريات الخماسية . وبالإضافة إلى ذلك فإن DNA يمكن أن يتلف بالعديد من المركبات الكيميائية . وكذلك بالإشعاع . وأي تلف في جزء DNA يمكن أن يحدث تغييراً في المعلومات الموجودة به . مما قد ينتج عنه تغيرات خطيرة في بروتينات الخلية .

ومع ذلك ورغم أن هناك آلاف التغيرات التي تحدث لجزء DNA كل يوم . إلا أنه لا يستمر في DNA الخلية من هذه التغيرات كل عام إلا لغيران أو ثلاثة تكون لها صفة الدوام . أما الغالبية العظمى من التغيرات فتزال بكفاءة عالية نتيجة لنشاط مجموعة من ٢٠ إنزيماً تعمل على إصلاح عيوب DNA يطلق عليها إنزيمات الربط (DNA ligases) التي تعمل في تناغم تعرف المنطقة التالية من جزء DNA وإصلاحها حيث

تستبدلها بنوكليوتيدات تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل في الجزء التالف .

ويعتمد إصلاح هيوپ DNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل من شريطي اللواب المزدوج . وطالما ظل أحد هذين الشريطين دون تلف تستطيع تلك الإنزيمات أن تستخدمه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل . وعلى ذلك فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث في الشريطين في نفس الموقع وفي ذات الوقت . لكن المادة الوراثية لبعض الفيروسات توجد على صورة شريط مفرد من RNA . ولذلك يظهر بها معدل مرتفع من التلفير الوراثي الذي ينشأ عن تلف في شريط RNA . وعلى ذلك فاللواب المزدوج يعتبر حيويًا للثبات الوراثي للكائنات الحية التي يوجد بها .

DNA في أوليات النواة

سبق أن ذكرنا أن DNA في أوليات النواة يوجد على شكل لولب مزدوج لتتحكم نهايتاه معا . فإذا تصورنا أنه أمكن فرد DNA الخاص ببكتيريا إيشيريشيا كولاي (Escherichia coli) على شكل خط مستقيم لوصل طوله إلى ١.٤ م . بينما طول الخلية البكتيرية نفسها لا يصل إلا إلى حوالي ٢ ميكرون . ويلتف جزئيه DNA البكتيري الدائري على نفسه عدة مرات ليحتل منطقة نووية تصل إلى حوالي ٠.١ من حجم الخلية . ويتصل هذا الجزئيه بالقشء البلازمي للخلية في موقع أو أكثر (شكل ٧) .

وبالإضافة إلى ما سبق . فإن بعض البكتيريا تحتوي على واحدة أو أكثر من جزيئات DNA الصغيرة الدائرية يطلق عليها اسم بلازميدات Plasmids تستخدم على نطاق واسع في الهندسة الوراثية كما سنرى فيما بعد . وتضاعف الخلايا البكتيرية البلازميدات الموجودة بها في نفس الوقت الذي تضاعف فيه DNA الرئيسي بها . ويستغل العلماء هذا النشاط بإدخال بلازميدات صناعية إلى داخل الخلايا البكتيرية بهدف الحصول على نسخ كثيرة من هذه البلازميدات .



وجزيئات DNA التي توجد في الميتوكوندريا وفي البلاستيدات الخضراء (عضيات حقيقية النواة) تشبه تلك الموجودة في أوليات النواة . كما ثبت وجود البلازميدات في خلايا الخميرة (من حقيقيات النواة) وهي كلها جزيئات دائرية من DNA لا تتحد بوجود بروتين معها .

شكل (٧) صورة DNA بالمجهر الإلكتروني في أوليات النواة

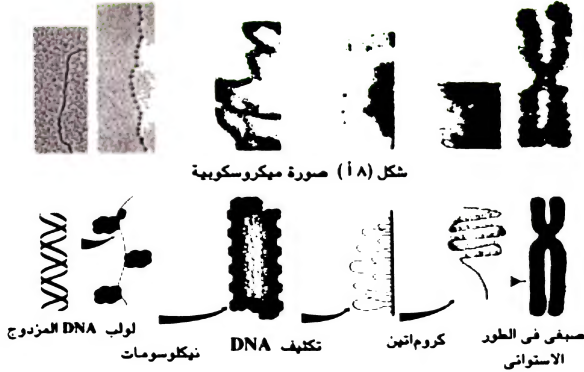
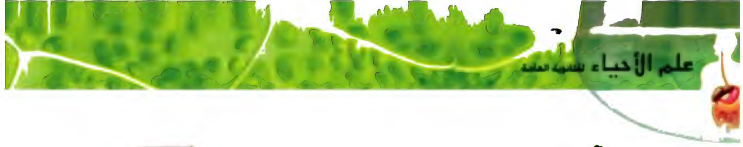
تركيب الصبغيات هي حقيقيات النواة

تظهر الصبغيات في خلايا حقيقيات النواة أثناء القسماها . ويعتقد أن كل صبغى يدخل في تركيبه جزءه واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر إلا أنه يلتف ويغطى عدة مرات ويرتبط بالعديد من البروتينات مكونا ما يسمى بالكروماتين (Chromatin) والذي يحتوى عادة على كمية متساوية من كل من البروتين و DNA وتقسم البروتينات التي تدخل في تركيب الصبغيات إلى بروتينات هستونية (histone) وغير هستونية (nonhistone) والبروتينات الهستونية مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة والتي تحتوى على قدر كبير من الحمضين القاعديين أرجينين (Arginine) وليسين (Lysine) . وتحمل المجموعة الجالبية (R) لهذين الحمضين الأمينيين عند الأس الهيدروجينى PH العادى للخلية شحنات موجبة . وعلى ذلك فهي ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات الموجودة في جزءه DNA والتي تحتوى على شحنات سالبة . وتوجد الهستونات بكميات ضخمة في كروماتين أى خلية .

والبروتينات غير الهستونية مجموعة غير متجانسة من البروتينات ، وذات وظائف عديدة مختلفة فهي تعمل بعض البروتينات التركيبية (أى التي تدخل في بناء تركيب محددة) التي تكعب دورا رئيسيا في التنظيم الفراغى لجزءه DNA هي داخل النواة . كما تشمل بعض البروتينات التنظيمية التي تحدد ما إذا كانت شفرة DNA (DNA Code) ستستخدم في بناء RNA والبروتينات والإنزيمات أم لا .

تحتوى الخلية الجسدية للإنسان على ٤٦ صبغى، فإذا تصورا أنه أمكن فك القواب المزوج لجزءه DNA في كل صبغى ووضعت هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها إلى ٢ متر . والهستونات وغيرها من البروتينات هي المسؤولة من ضم هذه الجزيئات الطويلة لتقع في حيز نواة الخلية والتي يتراوح قطرها من ٢ - ٣ ميكرون.

ولقد أوضح التحليل البيوكيميائى وصور المجهر الإلكتروني أن جزءه DNA في الصبغى يلتف حول مجموعات من الهستون مكونا حلقات من النيوكليوسومات (nucleosomes) (شكل ٨) مما يؤدى إلى تقصير طول جزءه DNA عشر مرات . إلا أنه يتعين أن يضم الجزء ويقتصر حوالى ١٠٠.٠٠٠ مرة حتى تستوعبه النواة . ولهذا فإن حلقات النيوكليوسومات تكثف مرة أخرى لتتضم مع بعضها البعض . ومع ذلك فإن كل ماسبق ليس كاف لتقصير جزءه DNA إلى الطول المطلوب وأخرطة النيوكليوسومات المتلفة بشدة ترتب على شكل حلقة كبيرة بواسطة البروتينات التركيبية غير الهستونية للكروماتين . والكروماتين المتلف والمكسب بشكل كبير يشار إليه على أنه مكثف . وعندما يكون جزءه DNA على هذه الحالة لا تستطيع الإنزيمات أن تصل إليه . ويتعين فك هذا الالتفاف والتكسب على الأقل إلى مستوى شريط من النيوكليوسومات قبل أن يعمل DNA كقالب لبناء DNA أو RNA.



شكل (أ) صورة ميكروسكوبية

شكل (ب) خطوات تكثيف الـ DNA فى حليقات النواة

تركيب المحتوى الجينى

يطلق على كل الجينات وبالتالي كل DNA الموجودة فى الخلية اسم المحتوى الجينى (genome) لهذا الفرد. ولقد تمكن الباحثون فى عام ١٩٧٧ من التوصل إلى طرق يمكن بها تحديد تشابعات النيوكليوتيدات فى جزيئات DNA و RNA مما وفر الأدوات للوصف الدقيق لترتيب الجينات داخل جزيئات DNA فى الخلية.

ولقد تعرضنا فيما سبق لأجزاء من المحتوى الجينى. فالكثير من الجينات يحمل التعليمات اللازمة لبناء مركبات بروتينية. والبعض الآخر يحمل التعليمات اللازمة لتتابع النيوكليوتيدات فى جزيء rRNA الريبوسومى الذى يدخل فى بناء الريبوسومات و tRNA الناقل الذى يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين. وهى أوليات النواة تمثل الجينات المسئولة عن بناء RNA والبروتينات معظم المحتوى الجينى. أما فى حقيقيات النواة فإن أقل من ٢٠٪ من الجينات يقوم بالوظائف السابقة. أما الباقى فهو غير معلوم الوظيفة. ولقد تعرف الباحثون على العديد من أجزاء DNA التى لا تمثل شفرة لبناء RNA أو البروتينات وأطلقوا عليها العديد من الأسماء إلا أننا مازلنا فى حاجة إلى معرفة الكثير من وظائفها.

DNA المتكرر:

توجد معظم جينات المحتوى الجيني في الخلية بنسخة واحدة عادة ، إلا أن كل خلايا حقيقيات النواة تحمل عادة المئات من نسخ الجينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومي والهيستونات التي تحتاجها الخلية بكميات كبيرة. ومن المنطقي أن نفرض أن وجود العديد من نسخ هذه الجينات يسرع من إنتاج الخلية للريبوسومات والهيستونات .

ولقد أظهرت دراسة لتتابعات القواعد النيتروجينية في DNA أن هناك العديد من التكرارات في بعض التتابعات ومازال الدور الذي لعبه هذه التكرارات غير واضح . فلكل وجد في ذبابة الفاكهة مثلاً أن تتابع النيوكليوتيدات القصير التالي A-G-A-A-G يتكرر حوالي ١٠٠,٠٠٠ مرة في منتصف أحد الصبغيات . وهذا التتابع وغيره من التتابعات لا يمثل أي شفرة.

أجزاء أخرى من DNA ليست بها شفرة:

بالإضافة إلى الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات ، فإن المحتوى الجيني لحقيقيات النواة يحتوي على كمية أخرى كبيرة من DNA لا تمثل شفرة . وحتى قبل معرفة الطريقة التي يمكن بها دراسة لتتابعات النيوكليوتيدات في DNA لاحظ علماء الوراثة أن كمية DNA في المحتوى الجيني ليست لها علاقة بمقدار تعقد الكائن الحي . أو عدد البروتينات التي يكوها . ومن الواضح أن كمية صغيرة فقط من DNA في كل من النبات والحيوان هي التي تحمل شفرة بناء البروتينات . وعلى سبيل المثال وجد أن أكبر محتوى جيني يوجد في حيوان السلمندر حيث تحتوي خلاياه على كمية من DNA تعادل ٣٠ مرة قدر الكمية الموجودة في الخلايا البشرية مع أن هذا الحيوان تكون خلاياه بدون شك كمية أقل من البروتين . وربما كان بعض DNA الذي ليست له شفرة يعمل على أن تحتفظ الصبغيات بتركيبها . كما اتضح أن بعض مناطق DNA تحمل إشارات إلى الأماكن التي يجب أن يبدأ عندها بناء (mRNA) وهذه المناطق تعتبر هامة في بناء البروتين .

الطفرات Mutations

يمكن تعريف الطفرة بأنها تغير مفاجئ في طبيعة العوامل الوراثية المتحكم في صفات معينة. مما قد ينتج عنه تغيير هذه الصفات في الكائن الحي . وتعتبر الطفرة حادثة لا تفلت متورثة على مدى الأجيال المختلفة ويجب التمييز بين الطفرة التي تحدث نتيجة لتغير تركيب العامل الوراثي وبين التغيير الذي ينجم عن تأخير البنية أو عن انحراف الجينات وإعادة اتحادها . وتؤدي أغلب الطفرات إلى ظهور صفات غير مرغوب فيها مثل بعض التشوهات الخلوية في الإنسان . وقد تؤدي الطفرة في النبات إلى الطقم مما ينتج عنه

وما ندر من الطفرات يؤدي إلى تغيرات مرغوب فيها للدرجة أن الإنسان يحاول بالطرق العلمية استحداثها ، ومن أمثلة ذلك طفرة حدثت في صليح الخنازير كان يمتلكه هلاح أمريكي . فقد لاحظ ظهور خروف في قطيعه ذي أرجل قصيرة مقوسة ، واعتبرها الصلاح صفة نادرة حيث إن هذا الخروف لم يستطع تسلق سور الحظيرة والكلاب النباتات المزروعة . وقد امتنى بتربية هذه الطفرة حتى نشأت منها سلالة كاملة تعرف باسم أكتن Aeccon . ومن أمثلة الطفرات المرغوب فيها تلك التي يستحدثها الإنسان في نباتات المحاصيل لزيادة إنتاجها .

أنواع الطفرات ،

تقسم الطفرات إلى نوعين رئيسيين هما ،

١ - الطفرات الجينية ،

وتحدث نتيجة تغير كيميائي في تركيب الجين . وعلى وجه التحديد في ترتيب القواعد النيتروجينية في جزيء DNA ، مما يؤدي في النهاية إلى تكوين بروتين مختلف يظهر صفة جديدة . ويصحب هذا التغير في التركيب الكيميائي للجين تحوله غالباً من الصورة السائدة إلى المتنحية . وقد يحدث العكس في حالات نادرة .

٢ - الطفرات الصبغية ،

وتحدث هذه الطفرات بطريقتين ،

(١) التغير في عدد الصبغيات ، يعني ذلك نقص أو زيادة صبغى أو أكثر في الأمشاج بعد الانقسام الميوزى كما في حالتى كينيفلتر وليرلز في الإنسان . حيث تحتوى الخلايا على صبغى واحد أو أكثر زائداً عن المجموعة في الحالة الأولى . ونقص صبغى في الحالة الثانية . وقد يتضاعف عدد الصبغيات في الخلية نتيجة لعدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنترومير . وعدم تكوين الفشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين فينتج التضاعف الصبغى (Polyploidy) وهذه الظاهرة قد تحدث في أى كائن . لكنها شائعة في النبات ، فنسبة كبيرة من النباتات المعروفة يتم فيها ذلك التمدد الصبغى (٣،٤،٦، ٨، ١٦ ن) . وذلك عندما تتضاعف الصبغيات في الأمشاج . وينتج عنها أفراد لها صفات جديدة نظراً لأن كل جين يكون ممثلاً بعدد أكبر ، فيكون تأثيرها أكثر وضوحاً فيكون النبات أطول وتكون أعضاؤه بالتالى أكبر حجماً ويخاصة الأزهار والثمار . وتوجد حالياً كثير من المحاصيل والفواكه ذات التمدد الرباعى (٤ ن) . ومنها القطن والقمح والتفاح والعنب والكمثرى والفرولة وغيرها .

وهي الحيوان تقل هذه الظاهرة ، ذلك لأن تحديد الجنس في الحيوانات يقتضى وجود توازن دقيق بين

عدد كل من الصبغيات الجسمية والجنسية، لذا يقتصر وجودها على بعض الأنواع الخنثى من القواقع والديدان والتي ليست لديها مشكلة في تحديد الجنس، وفي الإنسان وجد أن التضاضف الثلاثى ميت ويسبب إجهاضاً للأجنة، ومع ذلك فيعض خلايا الكبد والبنكرياس يحدث بها تعدد صبغى فى الإنسان.

(ب) التغير فى تركيب الصبغيات، يتغير ترتيب الجينات على نفس الصبغى عندما تنفصل قطعة من الصبغى أثناء الانقسام، وكلف حول نفسها بمقدار ١٨٠°، ثم يعاد اتحامها فى الوضع المقلوب على نفس الصبغى. كما قد يتبادل صبغيان غير متماثلين أجزاء بينهما، أو يزيد أو ينقص جزء صغير من الصبغى.

وجميع هذه الطفرات لو حدثت فى الخلايا التناسلية فإن الجنين الناتج تظهر عليه الصفات الجديدة، ويعرف هذا النوع بالطفرات المشيحية (gamete mutation)، وهى تتم فى الكائنات الحية التى تتكاثر تزاوجياً، كما قد تحدث الطفرة فى الخلايا الجسمية، فتظهر أمراض مفاجئة على العضو الذى تحدث فى خلاياه الطفرة، ويعرف هذا النوع بالطفرة الجسمية ومعروف أنه أكثر شيوعاً فى النباتات التى تتكاثر خضرياً، حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادى يحمل صفات مختلفة من النبات الأم، ويمكن فصل هذا الفرع وزرعه واكثاره خضرياً إذا كانت الصفة الجديدة مرغوباً فيها.

منشأ الطفرة،

الطفرة قد تكون تلقائية أو مستحدثة، وتلشأ الطفرة التلقائية دون تدخل الإنسان، ونسبتها ضئيلة جداً فى فتي الكائنات الحية، ويرجع سبب حدوث الطفرة التلقائية إلى تأثيرات بيئية تحيط بالكائن الحي، كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة الكونية، هذا بالإضافة إلى المركبات الكيميائية المختلفة التى يتعرض لها الكائن الحي. ولكتب الطفرات التلقائية دوراً هاماً فى عملية تطور الأحياء.

أما الطفرات المستحدثة فهى تلك التى يستحدثها الإنسان ليعتد تغييرات مرغوبة فى صفات كائنات معينة، ويستخدم الإنسان فى ذلك العوامل الموجودة فى الطبيعة لهذا الغرض مثل أشعة أكس وأشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية، كما قد يستخدم الإنسان بعض المواد الكيميائية كغاز الطردل (mustard gas) مادة الكولشيسين (Colchicine) وحامض النيتروز وغيرها. وتنتج من هذه المعالجة فى النبات شذور خلايا القمية النامية وموكلها لتتجدد تحتها أنسجة جديدة، تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات.

وأغلب الطفرات المستحدثة تحمل صفات غير مرغوبة، غير أن الإنسان ينتقى منها ما هو نافع، ومن أمثلتها تلك التى تؤدى إلى تكوين أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة، وطعم حلو المذاق وخالية من البذور، كما أمكن كذلك إنتاج طفرات كائنات دقيقة كالبنسليوم لها قدرة على إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية.

البيولوجية الجزيئية

الفصل الثانى

الأحماض النووية وتخليق البروتين



هى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرا على أن :

■ يتعرف أنواع البروتينات .

■ يتعرف تركيب الحمض النووى . RNA

■ يقارن بين أنواع الحمض النووى RNA الثلاثة (الريبوسومى - الناقل - الرسول).

■ يتعرف الشفرة الوراثية .

■ يتعرف خطوات تخليق البروتين .

■ يتعرف تقنيات التكنولوجيا الجزيئية الحديثة .

■ يتعرف مفهوم الجينوم البشرى وأهمية ذلك فى مجال صناعة

العقاقير .

■ يقدر عظمة الخالق فيما يتعلق بالمعلومات الوراثية ودورها فى

تمييز البشر بصفات تختلف من فرد لآخر .



تركيب وتخليق البروتين :

يوجد في الأنظمة الحية آلاف الأنواع من المركبات البروتينية التي يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين هما :

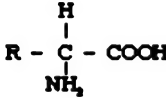
١ - البروتينات التركيبية: (Structural Proteins)

هي البروتينات التي تدخل في تركيب محددة هي الكائن الحي مثل الأكتين والميوسين اللذين يدخلان في تركيب العضلات وغيرها من أعضاء الحركة ، والكولاجين الذي يدخل في تركيب الأنسجة الضامة ، والكيراتين الذي يكون الأظفار كالجلد والشعر والحوافر والقرن والريش وغيرها .

٢ - البروتينات التنظيمية: (Regulatory Proteins)

هي البروتينات التي تنظم العديد من عمليات وأنشطة الكائن الحي ، وهي تشمل الإنزيمات التي تنظم التفاعلات الكيميائية بالكائنات الحية والأجسام المضادة التي تغطي الجسم مناعة ضد الأجسام الغريبة والهرمونات وغير ذلك من المواد التي تمكن الكائنات الحية من الاستجابة للتغير المستمر في البيئة الداخلية والخارجية .

وهناك خطة مشتركة لبناء آلاف الأنواع من البروتينات التي توجد في الأنظمة الحية ، هناك مشرون نوعاً من الوحدات البنائية للبروتين هي الأحماض الأمينية ، وللأحماض الأمينية العشرين تركيب أساسي واحد حيث يحتوي كل حمض أميني على مجموعة كربوكسيلية (COOH) ومجموعة أمينية (NH₂) يرتبطان بأول ذرة كربون . كما توجد ذرة هيدروجين تعتبر المجموعة الثالثة التي ترتبط بنفس ذرة الكربون ، وهما هذا الحمض الأميني جلايسين (Glycine) الذي يحتوي على ذرة هيدروجين أخرى مرتبطة بذرة الكربون الأولى فإن الأحماض الأمينية التسعة عشرة الباقية تحتوي على مجموعة رابطة هي الكحل (R) تختلف باختلاف الحمض الأميني .



وترتبط الأحماض الأمينية مع بعضها البعض في وجود الإنزيمات الخاصة في تفاعل نازع لماء بروابط ببتيدية (Peptide Bonds) لتكوين بوليمر (Polymer) عمود الببتيد الذي يكون البروتين.

وتعزى الفروق بين البروتينات المختلفة إلى الفروق في أعداد ونواتج وترتيب الأحماض الأمينية في البوليومات ، كما تعزى إلى عدد البوليومات التي تدخل في بناء البروتين بالإضافة إلى الروابط الهيدروجينية الضعيفة التي قد تغطي للجزء شكله المميز ، وعملية تطبيق البروتين عملية معقدة تتضمن لدخل العديد من الأنواع المختلفة من الجزيئات .

الأحماض النووية الريبوزية (RNA s)

تشبه جزيئات RNA جزيء DNA في أنها تتكون من سلسلة طويلة هير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكلوتيدات ، ولتكون كل نيوكلوتيدة من جزيء من سكر خماسي وقاعدة نيتروجينية ومجموعة الفوسفات حيث ترتبط مجموعة الفوسفات الخاصة بنيوكلوتيدة معينة بذرة الكربون رقم ٣ في النيوكلوتيدة السابق لتتكون هيكل سكر فوسفات لحمض النووي . إلا أن كل أنواع RNA تختلف من DNA فيما يلي ،

١ - يدخل في تكوين RNA سكر الريبوز (ribose) بينما يدخل في تكوين DNA سكر الميوكسي ريبوز (deoxyribose) الذي يحتوي على ذرة أكسجين أقل من سكر الريبوز . ومن هنا كان الاسم Deoxyribonucleic acid

٢ - يتكون RNA من شريط مفرد من النيوكلوتيدات ، بينما يتكون DNA من شريط مزدوج أي يتكون من شريطين متكاملين من النيوكلوتيدات ، وإن كان RNA قد يكون مزدوج الشريط في بعض أجزائه .

٣ - يختلف RNA من DNA بالنسبة للقواعد النيتروجينية في نيوكلوتيدات كل منهما ، ففي DNA يوجد الأدينين والجوانين والسيتوزين والثايمين ، بينما يحتوي RNA على الأدينين والجوانين والسيتوزين إلا أن اليوراسيل يوجد بدلا من الثايمين الذي يزود مع الأدينين . وهناك ثلاثة أنواع من حمض RNA تسهم في بناء البروتين . وستعرض فيما يلي للأدوار التي يلعبها كل منها في بناء البروتين ،

١ - حمض RNA الرسول (mRNA) ،

تبدأ عملية نسخ DNA بارتباط إنزيم بلمرة RNA (RNA-Polymerase) بتتابع للنيوكلوتيدات على DNA يسمى المحفز (Promoter) . بعد ذلك يتفصل شريطا DNA بعضهما عن بعض حيث يعمل أحدهما كقالب لتكوين شريط متكامل من RNA ، ويتحرك الإنزيم على امتداد DNA حيث يتم ربط الريبونيوكلوتيدات المتكاملة إلى شريط RNA النامي واحد تلو الآخر ، ويعمل الإنزيم في اتجاه 3' 5' على قالب DNA مجمعا RNA في اتجاه 3' 5' وتشبه هذه العملية تضاهف DNA مع فرق رئيسي واحد هو أنه عندما يتم تضاهف DNA فإن العملية لا تكلف إلا بعد نسخ كل DNA في الخلية ، أما في حالة RNA فإنه يتم نسخ جزء فقط من DNA وحيث إن جزيء DNA مزدوج الشريط فمن الناحية النظرية يمكن لأي جزء منه أن ينسخ إلى جزيئين مختلفين من RNA يتكامل كل منهما مع أحد الشريطين ، إلا أن ما حدث في الواقع هو أن شريطا واحدا فقط من DNA هو الذي يتم نسخ قطعة منه ، ويدل توجيه المحفز

على الشريط الذى سينسخ . ويوجد فى أوليات النواة إنزيم واحد من RNA-polymerase هو الذى يقوم بنسخ الأحماض النووية الريبوزية الثلاثة. أما فى حقيقيات النواة هناك إنزيم خاص بكل منها . وما أن يتم بناء mRNA فى أوليات النواة حتى يصبح على استعداد لعملية الترجمة . حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ فى ترجمته إلى بروتين بينما يكون الطرف الآخر للجزء مازال فى مرحلة البناء على قالب DNA . أما فى حقيقيات النواة فإنه يتعين بناء mRNA كاملاً فى النواة ثم انتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقب الغشاء النووى ليتم ترجمته إلى البروتين المقابل وعند بداية كل جزء من mRNA يوجد موقع الارتباط بالريبوسوم وهو تتابع للنوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم بحيث يصبح أول كودون AUG متجهاً إلى أعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة وأخر كودون يسمى كودون الوقف ويكون واحد من ثلاثة كودونات هي UAA - UAG - UGA (شكل ١).

أما عند الطرف الآخر mRNA فيوجد نهاية من حميد الأدينين (ذيل مكون من حوالى ٢٠٠ أدينوزين) ويظهر أن هذا الذيل يحمى mRNA من الانحلال بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم . موقع الارتباط بالريبوسوم



شكل (١) رسم تخطيطى لجزء mRNA يظهر به موقع الارتباط بالريبوسوم وذيل حميد الأدينين وكودون البدء

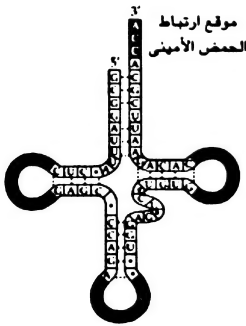
٢- حمض RNA الريبوسومى (rRNA) :

يدخل فى بناء الريبوسومات (عضيات بناء البروتين) عدة أنواع من RNA الريبوسومى وحوالى ٧٠ نوعاً من حميد البيبتيد . ويتم بناء الريبوسومات فى حقيقيات النواة فى منطقة من النواة تسمى النوية . يتم بها بناء الآلاف من الريبوسومات فى الساعة . ومما يجعل هذا المعدل السريع ممكناً هو أن DNA فى خلايا حقيقيات النواة يحتوى على ما يزيد على ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومى التى ينسخ منها rRNA . وهناك أربعة أنواع مختلفة من rRNA تدخل مع البروتين فى بناء الريبوسومات .

ويتكون الريبوسوم الوظيفى من تحت وحدتين (Subunits). إحداهما كبيرة والأخرى أصغر . وعندما لا يكون الريبوسوم قائماً بعمله فى إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين لتفصلان عن بعضهما ولتحرك كل منهما بحرية . وقد يرتبط كل منهما مع تحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى . ويتم بناء بروتينات الريبوسومات فى السيتوبلازم . ثم تنتقل عبر غشاء النواة إلى داخل النواة حيث يكون كل من rRNA وعضيدات البيبتيد تحت وحدات الريبوسوم . وأثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين mRNA و rRNA .

٢- حمض RNA الناقل (tRNA) :

والنوع الثالث من RNA الذي يشارك في بناء البروتين هو tRNA الذي يحمل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات . وكل حمض أميني نوع خاص من tRNA يتعرف الحمض الأميني وينقله (الأحماض الأمينية التي لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من tRNA). وينسخ tRNA من جينات tRNA التي توجد عادة على شكل تجمعات من ٧ - ٨ جينات على نفس الجزء من جزيء DNA



مضاد الكودون
شكل (٢) الشكل العام لجزيء
حمض RNA الناقل

وكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام (شكل ٢) . حيث تكتف أجزاء من الجزيء لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بازدياد القواعد في مناطق مختلفة من الجزيء .

- يوجد موقعان على جزيء tRNA لهما دور في بناء البروتين. الموقع الأول هو الذي يتحد فيه الجزيء بالحمض الأميني الخاص به. ويتكون هذا الموقع من ثلاث قواعد CCA عند الطرف 3' من الجزيء.

والموقع الآخر هو مقابل الكودون الذي تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA و mRNA يسمح للحمض الأميني المحمول على tRNA أن يدخل في سلسلة عديد الببتيد في المكان المحدد .

الشفرة الوراثية The Genetic code

الشفرة الوراثية هي تتابع النيوكليوتيدات في ثلاثيات على mRNA والتي تم نسخها من أحد شريطي DNA وينتقل mRNA إلى الريبوسوم حيث يترجم إلى تتابع للأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد الذي يكون بروتيناً معيناً . والسؤال الآن ، ماهو عدد النيوكليوتيدات المسئولة عن اختيار جزيئات tRNA الخاصة بكل حمض أميني ؟

من المعروف أن هناك عشرين حمضاً أمينياً مختلفاً تدخل في بناء البروتينات وأن هناك أربع نيوكليوتيدات فقط تدخل في بناء كل من DNA و RNA وعلى ذلك ، " طائفة " الوراثية تحتوي على أربع " حروف أبجدية " . وهذه الحروف الأربعة من النيوكليوتيدات يجب أن تشكل عشرين كلمة " تدل كل منها على حمض أميني معين . ولا يمكن أن تتكون كل كلمة من حرف واحد لأن ذلك يعني وجود أربع كلمات فقط على

صورة شفرة هي A,G,C,U والبروتينات بذلك تحتوي على أربعة أحماض أمينية فقط وبالمثل فإن الكلمات لا يمكن أن تتكون من جزئين اثنين فقط (نيوكليوتيدتين) وذلك لأن الحروف الأربعة إذا رقيت في كل الاحتمالات الممكنة لاثنين مما تعطي ٤² = ١٦ كلمة شفرة Codon مختلفة ، مازال غير كاف للمشرين حمضاً أمينياً التي تدخل في بناء البروتين ، أما إذا رقيت الأربعة حروف (نيوكليوتيدات) على شكل ثلاثيات فإنها ستنتج ٤³ = ٦٤ كلمة شفرة وهذا أكثر من الحاجة لتكوين كلمة شفرة لكل حمض أميني . وعلى ذلك فاسفر حجم نظري لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات .

وما إن حل عام ١٩٦٠ حتى توفرت أدلة كافية تؤيد الشفرة الثلاثية ، إلا أن الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أميني والتي يطلق عليها اسم كودونات قد تم الوصول إليه في عام ١٩٦٥ . وبعض هذه الكودونات موجودة في جدول (رقم ١) مع ملاحظة أن الكودونات في هذا الجدول هي التي توجد في mRNA . أما ثلاثيات شفرة DNA فهي النيوكليوتيدات التي تتكامل قواعدها مع تلك الموجودة في الجدول . كما يتضح من الجدول أن هناك أكثر من شفرة لكل حمض أميني . كما أن هناك كودونا لبدء تخليق البروتين (AUG) وثلاثة كودونات (UGA,UAA,UAG) توقف بناء البروتين أي أنها تعطي إشارة من النقطة التي يجب أن تكف عندها آلية بناء البروتين وتنتهي سلسلة هيدريد الببتيد .

والشفرة الوراثية عالمية أو عامة (Universal) بمعنى أن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية في كل الكائنات الحية من الفيروسات إلى البكتيريا والفطريات والنباتات والحيوانات التي تمت دراستها حتى الآن . وهذا دليل قوي على أن كل الكائنات الحية الموجودة الآن على وجه الأرض قد نشأت من أسلاف مشتركة . وعلى ذلك يظهر أن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغيير تقريباً لملايين السنين منذ ذلك الوقت .

القائمة الأولى	القائمة الثانية				القائمة الثالثة
	U	C	A	G	
U	UUU Phenylalanine	UCU Serine	UAU Tyrosine	UGU Cysteine	U
	UUC Phenylalanine	UCC Serine	UAC Tyrosine	UGC Cysteine	C
	UUA Leucine	UCA Serine	UAA STOP	UGA STOP	A
	UUG Leucine	UCG Serine	UAG STOP	UGG Tryptophan	G
C	CUU Leucine	CCU Proline	CAU Histidine	CGU Arginine	U
	CUC Leucine	CCC Proline	CAC Histidine	CGC Arginine	C
	CUA Leucine	CCA Proline	CAA Glutamine	CGA Arginine	A
	CUG Leucine	CCG Proline	CAG Glutamine	CGG Arginine	G
A	AUU Isoleucine	ACU Threonine	AAU Asparagine	AGU Serine	U
	AUC Isoleucine	ACC Threonine	AAC Asparagine	AGC Serine	C
	AUA Isoleucine	ACA Threonine	AAA Lysine	AGA Arginine	A
	AUG Methionine	ACG Threonine	AAG Lysine	AGG Arginine	G
G	GUU Valine	GCU Alanine	GAU Asparagine	GGU Glycine	U
	GUC Valine	GCC Alanine	GAC Asparagine	GGC Glycine	C
	GUA Valine	GCA Alanine	GAA Glutamic acid	GGA Glycine	A
	GUG Valine	GCG Alanine	GAG Glutamic acid	GGG Glycine	G

جدول الشفرات (جدول رقم ١) للإطلاق فقط

تخليق البروتين Protein Synthesis

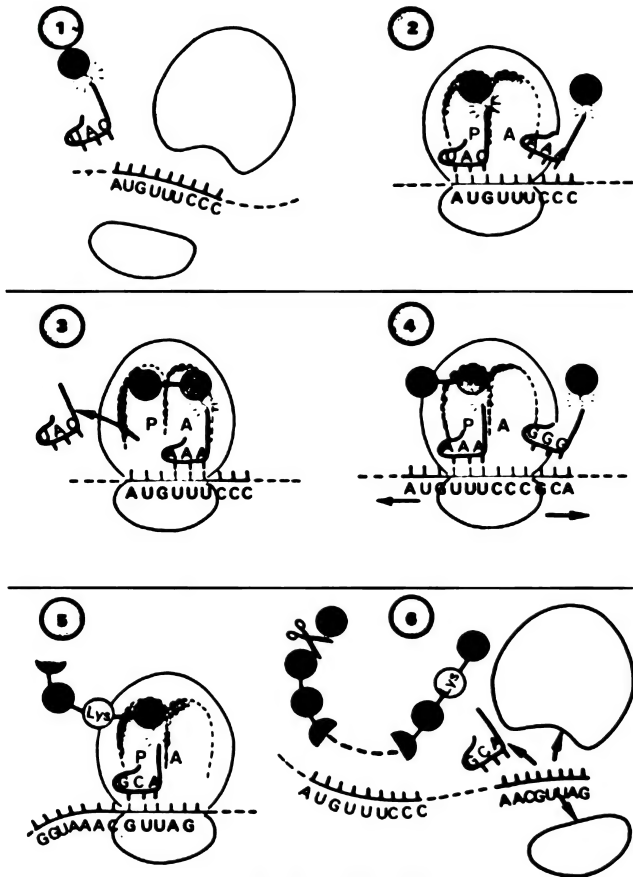
يبدأ تخليق البروتين عندما ترتبط تحت وحدة ريبوسوم سفيرة (Sub unit) بهجزء mRNA الذي أول كودون به هو AUG ويكون منتجها إلى أعلى، ثم تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزيء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الحمض الأميني ميثيونين (Methionine) أول حمض أميني في سلسلة صديد الببتيد التي ستبنى ، ثم ترتبط تحت وحدة ريبوسوم كبيرة بالمركب السابق . وندخل تبدأ تفاعلات بناء البروتين (شكل ٣) ويوجد على الريبوسوم موقعان يمكن أن ترتبط بهما جزيئات tRNA ونتيجة للأحداث السابقة فإن كودون البدء AUG يكون عند أحد هذين الموقعين الذي يطلق عليه موقع الببتيديل (P) أما الموقع الآخر فيطلق عليه موقع أمينو أسيل (A) (amino-Acyl). وتبدأ سلسلة صديد الببتيد في الاستطالة في دورة تتكون من ثلاث خطوات ،

١ - يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالي على جزيء mRNA ، وبالتالي يصبح الحمض الأميني الذي يحمله هذا الجزيء tRNA الحمض الأميني التالي في سلسلة عديد الببتيد.

٢ - حدوث تفاعل نقل الببتيد (Peptidyl transferase reaction) الذي ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية . والإنزيم الذي ينشط هذا التفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة. وهذا الإنزيم يربط الحمض الأميني الأول بالتالي برابطة ببتيدية. ونتيجة لذلك يصبح tRNA الأول فارغاً ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميتوئينا آخر. أما tRNA التالي فيحمل الحمضينامينين معاً.

٣ - يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA . وهذه العملية تسمى بالكودون التالي إلى الموقع P على الريبوسوم . ثم تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون على tRNA مناسب بكودون mRNA جالياً الحمض الأميني الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع A . وترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأميني الجديد القادم على هذا الجزيء من tRNA الثالث ، ثم يتكرر اتباع .

وتقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA وهناك بروتين يسمى عامل الإطلاق (Release Factor) يرتبط بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA . وتنفصل وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض . وما أن يبرز الطرف (5') لجزيء mRNA من الريبوسوم حتى يرتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة أخرى تبدأ بدورها بناء بروتين . وعادة ما يتصل بجزيء mRNA عدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA . ويطلق عليه عندئذ عديد الريبوسوم (Polyribosome or polysome)



شكل (٣) خطوات تخليق البروتين

التكنولوجيا الجزيئية Molecular Technology

بعد التقدم في معرفة تركيب الجين وكيفية تطبيق البروتين ، أصبح من الممكن الآن عزل جين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه في داخل خلية بكتيرية أو خلية خميرية ، كما يمكننا أن نحلل هذه النسخ لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات في هذا الجين ، كما يمكننا إجراء مقارنة بين تركيب جينات نفس الفرد أو جينات أفراد مختلفة ، ومعرفة من تتابع النيوكليوتيدات في الجين يمكننا من معرفة تتابع الأحماض الأمينية في البروتين المقابل ، ولقد أمكن في حالات كثيرة نقل جينات وظيفية إلى خلايا نباتية وأخرى حيوانية .

ولقد أصبح الآن من الممكن بناء جزيئات DNA حسب الطلب في عام ١٩٧٩ تمكن خورانا (Khorana) من إنتاج جين صناعي وأدخله إلى داخل خلية بكتيرية ، ويوجد الآن في العديد من المعامل نظم جينية يمكن برمجتها لإنتاج شريط قصير من DNA يحتوي على تتابع النيوكليوتيدات الذي نرغب فيه ، ويمكن استخدام DNA المبنى حسب الطلب في تجارب تطبيق البروتين ، فمن طريق تغيير الشفرة لاستبدال حمض أميني بالآخر يستطيع علماء الكيمياء الحيوية دراسة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين.

والإنجازات السابقة في إنتاج التكنولوجيا الجزيئية والتي تعرف بالهندسة الوراثية (Genetic Engineering) وستناولها فيما يلي ،

تقنيات التكنولوجيا الجزيئية :

تهجين الحمض النووي :

- عند رفع درجة حرارة جزيء DNA إلى 100°C تنكسر الروابط الهيدروجينية التي تربط القواعد المتزاوجة في شريطي اللولب المزدوج ، ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين .
- وعند خفض درجة حرارة DNA فإن الأشرطة المفردة تميل إلى الوصول إلى حالة الثبات من طريق تزاوج كل شريط مع شريط آخر لتكوين لولب مزدوج مرة أخرى ، وأي شريطين مفردين من DNA أو RNA يمكنهما تكوين شريط مزدوج إذا وجد بهما لتابعات ولو قصيرة من القواعد المتكاملة .
- لتوقف شدة التصاق الشريطين على درجة التكامل بين لتابعات قواعدهما النيروجينية ، ويمكن قياس شدة الالتصاق بين شريطي النيوكليوتيدات بمقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين مرة أخرى .
- فكلما كانت شدة التصاق الشريطين كبيرة زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما .

ويمكن استخدام قدرة الشريط المفرد لـ DNA أو RNA على الالتصاق طويلاً في إنتاج لولب مزدوج هجين (أو خليط). وذلك بمزج الأحماض النووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية مثلاً) ثم رفع درجة الحرارة إلى ٥١٠٠ م. فعندما يسمح للخليط أن يبرد فإن بعض اللوالب المزدوجة الأصلية تتكون. وسيكون في نفس الوقت عدد من اللوالب المزدوجة الهجين يتكون كل منهما من شريط من كلا المصدرين.

استخدامات DNA الهجين :

- ١- يستخدم لهجين DNA في الكشف عن وجود جين معين داخل محتواه الجيني وكميته حيث يحضر شريط مفرد لتتأبعت النيوكليوتيدات بتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة ، وتستخدم النظائر المشعة في تحضير هذا الشريط حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك ، ثم يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة ويستدل على وجود الجين في الخليط بالسرعة التي تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة .
- ٢- يستخدم لهجين DNA في تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة . فكما كانت العلاقات التطورية أقرب بين نوعين كلما تشابه تتابع النيوكليوتيدات DNA بهما وزادت درجة التحجين بينهما .

إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

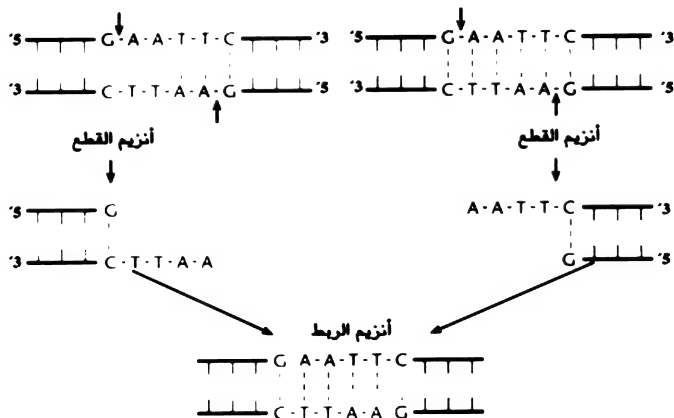
كان من المعروف أن الفيروسات التي تنمو في داخل خلايا معينة من بكتيريا (E.coli) يقتصر نموها على هذه الخلايا فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل خلايا أخرى ، وهي السيمبيونات أرجع الباحثون ذلك إلى أن هذه الخلايا المقاومة من البكتيريا تكون إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزيء DNA الفيروسي الغريب وتضمه إلى قطع صغيرة القيمة وقد أطلق على هذه الإنزيمات اسم إنزيمات القصر .

والسؤال الآن ، لماذا لا تهاجم هذه الإنزيمات DNA الخاص بالخلية البكتيرية ؟

لقد وجد أن البكتيريا لكي تحافظ على DNA الخاص بها فإنها تكون إنزيمات معدلة . حيث تضاف مجموعة ميثيل CH₃ إلى النيوكليوتيدات في مواقع جزيء DNA البكتيري التي تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيري مقاوماً لفعل هذا الإنزيم .

ولقد افترض أن الإنزيمات القصر منتشرة في الكائنات الدقيقة ، كما تم فصل ما يزيد على ٢٥٠ إنزيماً من خلايا بكتيرية مختلفة. وكل إنزيم من هذه الإنزيمات يتعرف على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من ٤ - ٧ نيوكليوتيدات. ويصنف الإنزيم جزيء DNA عند أو بالقرب من موقع التعرف (شكل ٤) . وتتابع الأفراد النيتروجينية على شريطي DNA عند موقع القطع

يكون هو نفسه عندما يقرأ الاتجاه على كل شريط في اتجاه (3') ولكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزيئ



(شكل 1) دور انزيمات القص والربط في قطع وربط قطعتين مختلفتين من DNA عند مواقع محددة

DNA بعض النظم من مصدره **DNA** فيروسى أو بكتيرى أو نباتى أو حيوانى ما دام هذا الجزء يحتوى على نسخة أو أكثر من لتابعات التعرف .

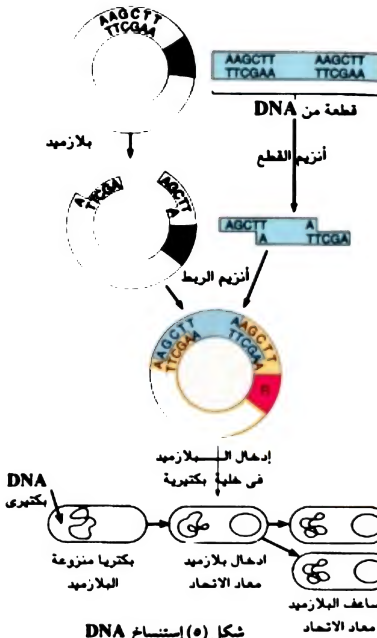
وتوفر انزيمات القص وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات عند أطرافها، كما أن العديد منها يكون أطرافها مائلة حيث تكون قطع القلوب المزدوج ذات طرفين مفردى الشريط يطلق عليها "الأطراف اللاصقة" لأن قواعدهما لتتزاوج مع طرف قطعة أخرى لشريط آخر نتج من استخدام نفس الإنزيم على أى DNA آخر . (شكل 1) ويمكن بعد ذلك ربط الطرفين إلى شريط واحد بواسطة إنزيم الربط . وبهذه الطريقة يستطيع الباحث لصق قطعة معينة من جزء DNA بقطعة أخرى من جزء آخر.

استنساخ تنابعات DNA

يقوم علماء البيولوجى بالتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة من DNA (شكل ٥) وذلك بلسقها بجزءه ما، يحملها إلى خلية بكتيرية . وعادة ما يكون هذا الحامل نااج أو بلازميد.

ولكى يلسق الجين الغريب أو قطعة DNA بالبلازميد بحامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيم القص لتكوين نهايات مفردة الشريط متكاملة القواعد لاسقة . وعندما يتم خلط الاثنين فإن بعض النهايات اللاسقة للبلازميد تتزاوج قواعدها مع النهايات اللاسقة للجين . ثم يتم ربط الاثنين باستخدام إنزيم الربط .

بعد ذلك يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا . أو خلايا الخميرة التى سبق معاملتها لزيادة لغافيتها



شكل (٥) إستنساخ DNA

ل DNA حيث تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا . وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت لتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجينى للخلية . بعد ذلك يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات . ويتم إطلاق الجين من البلازميدات باستخدام نفس إنزيم القص الذى سبق استخدامه . ثم يتم عزل الجينات بالطرد المركزى العنفرى . وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجين أو قطع DNA المتماثلة يستطيع أن يحللها لمعرفة تنابع النيوكلوتيدات بها أو يمكن زواجها إلى خلية أخرى .

وهناك طريقتان للحصول على قطع DNA لمضاعفها ، إما أن يتم الحصول على المحتوى الجينى للخلية (فصل كمية DNA التى بها) ثم يتم قص

DNA بواسطة إنزيمات القصر. وبهذه الطريقة يتم الحصول من المحتوى الجيني لأحد الثدييات مثلا - على ملايين من قطع **DNA** يتم لسق هذه القطع ببلازميدات أو فاج لمضاعفتها . ويتم استخدام تقنيات المتقاربة مختلفة لعزل تتابع **DNA** المرغوب في التعامل معه .

أما الطريقة الأخرى - وهى الأفضل - فتبدأ بالخلايا التى يكون فيها الجين الذى نود التعامل معه نطقا مثل خلايا البنكرياس التى تكون الأنسولين والخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء التى تكون الهيموجلوبين . فى هذه الخلايا توجد كمية كبيرة من **mRNA** الذى يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات . ويقوم الباحث بعزل هذا الحمض النووى واستخدامه كقالب لبناء **DNA** الذى يتكامل معه . ويشبه ذلك تضاعف **DNA** إلى حد كبير . ويطلق على الإنزيم الذى يقوم ببناء **DNA** على قالب من **mRNA** اسم إنزيم النسخ العكس. وهذا الإنزيم توجد شفرته فى الفيروسات التى محتواها الجينى يتكون من **mRNA**. حيث تستخدمه فى تحويل محتواها من **RNA** إلى **DNA** الذى يرتبط بالمحتوى الجينى من **DNA** فى خلية المائل . وما أن ينتهى هذا الإنزيم من بناء شريط مفرد من **DNA** ، فإنه يمكن بناء الشريط المتكامل

معه باستخدام إنزيم البلمرة ويمكن بعد ذلك مضاعفة هذا القالب المزدوج من **DNA** ويستخدم حاليا لمضاعفة قطع **DNA** جهاز (PCR) (Polymerase Chain Reaction) الذى يستخدم الإنزيم تاق بوليميريز (taq polymerase) الذى يعمل عند درجة حرارة مرتفعة. ويستطيع هذا الجهاز خلال دقائق معدودة من مضاعفة قطع **DNA** آلاف المرات .

DNA معاد الاتحاد

لقد شهدت السنوات الأخيرة نهشا من الإنجازات فى تكنولوجيا **DNA** معاد الاتحاد . أى إدخال جزء من **DNA** الخاص بكانن حى إلى خلايا كائن حى آخر . وتحليل بعض العلماء أنه قد باتى الوقت الذى يمكن فيه إدخال نسخ من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب. وبذلك نزيل عنهم المصائد ولطيفهم من الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثى (من الواضح أن هذه قد تكون تكنولوجيا خطيرة جداً أو استخدمت لتحقيق أغراض أخرى. وهناك العديد ممن يعارضون بشدة استمرار البحث فى هذا المجال)

التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد

(أ) - إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى . فى عام ١٩٨٢ رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام أول بروتين يتم إنتاجه بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد وهو هرمون الأنسولين البشرى الذى يحتاجه يومياً ملايين البشر المصابين بمرض السكر . وكان يتم استخلاص الأنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشى والخنازير وهذه العملية طويلة ومرتبطة التكلفة . ومع أن الأنسولين البشرى الذى تنتجه البكتيريا مازال مرتفع التكلفة إلا أنه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى والأنسولين الأنواع الأخرى . ومع تحسن طرق الإنتاج فإن الأنسولين البكتيرى قد يصير أقل تكلفة .

(ب) - توصل الباحثون كذلك إلى تكوين بكتيريا تحتوى على جينات الإنترفيرونات (Interferones) البشرية . وهى بروتينات توقف تضاعف الفيروسات (على الأخص التى يتكون محتواها الجينى من RNA مثل فيروس الانفلونزا وشلل الأطفال) وفى داخل جسم الإنسان تبني الإنترفيرونات وتنتقل من الخلايا المصابة بالفيروس وتعمل على وقاية الخلايا المجاورة من مهاجمة الفيروس .

ويظهر أن الإنترفيرونات قد تكون مفيدة فى علاج بعض الأمراض الفيروسية (كبعض أنواع السرطان) وكان الإنترفيرون المستخدم فى الطب حتى عام ١٩٧٠ يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية . ولذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن . وقد تمكن الباحثون فى مصانع الأدوية فى الثمانينات من إدخال ١٥ جيناً بشرياً للإنترفيرون إلى داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الآن وفيراً ورخيص الثمن نسبياً . إلا أن الدراسات المبكرة لاستخدام الإنترفيرون فى علاج السرطان كانت مفيدة للأمال وذلك قد يعزى إلى مشاكل تقنية . قد يمكن التغلب عليها فيما بعد .

(ج) - قد يتمكن الباحثون الزراعيون فى القريب العاجل من إدخال جينات مقاومة للمبيدات العشبية ومقاومة لبعض الأمراض الهامة فى نباتات المحاصيل . كما أن هناك جهوداً كبيرة تبذل الآن فى محاولة عزل ونقل الجينات الموجودة فى النباتات البقولية والتى تمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى فى جذورها . وإذا أمكن زرع تلك الجينات فى نباتات محاصيل أخرى لاستطيع استيعاب هذه البكتيريا لأمن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النتروجينية عالية التكلفة والتى تسهم بقدر كبير فى تلووث الماء فى المناطق الزراعية .

(د) - مازال الكثير من استخدامات الهندسة الوراثية مجرد أحلام إلا أن الأحلام سرعان ما تتحقق فقد تمكن بعض الباحثين من زرع جين من سلالة من ذبابة الفاكهة فى جنين سلالة أخرى وقد تم زرع الجين فى

خلالها مقرونها أن تكون أعضاء تكاثرية . وعندما نمت الأجنة إلى أفراد انتقل إليها الجين الذي أضفى على الأجيال الناجمة من تزاوج هذه الأفراد صفه لون العاقلوت الاحمر لكن بدلاً من اللون البنى كما قام فريق آخر من الباحثين بإدخال جين هرمون نمو من فأر من النوع الكبير أو من الإنسان إلى فئران من النوع الصغير حيث نمت هذه إلى ضفدع حجمها الطبيعي بالإضافة إلى أن هذه الضفدع التفتت إلى نتائجها من الفئران وعلى الجانب الآخر فإن هناك العديد ممن يعتبرهم القلق مما قد يحدث في حالة حدوث حادث مفاجئ هو فرضنا أن هناك سلالة بكتيرية بها جين لإنتاج مادة سامة خطيرة قد تم إطلاقها في العالم هذا؟ سيحدث ؟ يرى بعض الناس أن احتمال حدوث ذلك ضئيل جداً . ومع أن البكتيريا المستخدمة في تجارب DNA معاد الاتحاد هي E-coli التي تعيش في أمعاء الإنسان. إلا أن السلالة المستخدمة في التجارب لم تكن في داخل جسم الإنسان لمدة آلاف من الأجيال. وقد ظهرت هذه البكتيريا بحيث أصبحت غير قادرة على الحياة إلا في منازلها من أنابيب الاختبار.

الجينوم البشري

في الخمسينيات من القرن الماضي . كان أفضل اكتشاف بيولوجي هو إثبات واتسون وكريك عام ١٩٥٣ أن الجينات عبارة من لولب مزدوج من الحمض النووي DNA . بعدها بدأ العلماء في البحث عن الجينات وتوالت الاكتشافات . وظهرت فكرة الجينوم ففي عام ١٩٨٠ كان عدد الجينات البشرية التي تعرف عليها العلماء حوالي ٤٥٠ جينا . وفي منتصف الثمانينات تضاعف العدد ثلاث مرات ليصل إلى ١٥٠٠ جينا . بعض هذه الجينات كانت المسببة لزيادة الكوليسترول في الدم (أحد أسباب مرض القلب) وبعضها يمدد للإصابة بالأمراض السرطانية.

وتوصل العلماء إلى أن هناك ما بين ٦٠ - ٨٠ ألف جين في الإنسان موجودة على ثلاثة وعشرين زوجا من الكروموسومات وتعرف المجموعة الكاملة للجينات باسم الجينوم البشري. وقد تم اكتشاف أكثر من نصف هذه الجينات حتى الآن.

ترتب الكروموسومات حسب حجمها من رقم (١) إلى رقم (٢٢) ولا يخضع الكروموسوم (X) لهذا الترتيب . فهولي الكروموسوم السابع في الحجم ولكنه يرتب في نهاية الكروموسومات ويحمل رقم (٢٢) ومن الجينات التي تم تحديدها على سبيل المثال . جين البصمة والذي يقع على الكروموسوم الثامن . وجينات فصائل الدم تقع على الكروموسوم التاسع . والجين المسئول عن تكوين الأنسولين والجين المسئول عن تكوين الهيموجلوبين يقمان على الكروموسوم الحادي عشر وجين الصمى الأولي وجين الهيموفيليا (سيولة الدم) يقمان على الكروموسوم(X)

وباستمرار البحث في الجينوم البشرى ومعرفة تركيبه ، سنتمكن من تحديد هوية كل من الجينات التى تصنع الإنسان.

ويستفاد من الجينوم البشرى فى:

- ١ - معرفة الجينات المسببة للأمراض الوراثية الشائعة والنادرة .
- ٢ - معرفة الجينات المسببة لمرض الأعضاء من أداء وظائف الجسم.
- ٣ - الاستفادة من الجينوم البشرى فى المستقبل فى مجال صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.
- ٤ - دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينوم البشرى بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.

٥ - تحسين النسل من خلال تعرف الجينات المرضية فى الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.

يمكننا الآن ومن خلال خلية جسمية أو حيوان منوى أن نحدد بدقة كل خصائص وصفات أى إنسان يعيش على الأرض . فيمكن من خلال الجينوم البشرى أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجهه .

أسئلة

س١، اختر الإجابة الصحيحة :

١- عند قياس نسبة القواعد النيتروجينية لحمض نووي في كائن حي معين كانت النسبة كالآتي
 $T = 26\%$ $A = 20\%$ $G = 23\%$ $C = 31\%$

هذا الحمض النووي يكون،

ا- AND ثوب مزدوج ب- AND شريط مفرد

ج- ANRt د- ANRr

٢- تكون المادة الوراثية ANR في ،

أ- الفئران ب- الفص ج- فيروس الايدز د- البكتيريا

٣- الكودون هو ثلاث نيوكليوتيدات متتالية على،

ا- AND ب- ANRm ج- ANRt د- ANRr

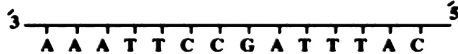
٤- إذا كانت الشفرة ثلاثية فالاحتمالات المختلفة لكودونات الأحماض الأمينية تكون

ا- ٢٣ ب- ٢٤ ج- ٢٣ د- ٢٤

٥- ملحد ببتيد يتكون من ١٢ حمض اميني ، أقل عدد من النيكلوتيدات المكونة mRNA تكون،

ا- ١٢ ب- ٢٤ ج- ٣٦ د- ٩٦

س٢، هذا الشكل يوضح جزء من شريط DNA



أ- اكتب لتتابعات الشريط المتكامل معه.

ب- اكتب لتتابعات ANRm .

ج- احسب نسبة $\frac{A+C}{T+G}$ من الثوب المزدوج

س٢، جين (X) يتكون من ١٥٠ زوج من النيكلوتيدات . كم عدد الأحماض الأمينية التي تدخل في تكوين البروتين الناتج؟

س٤، بتحليل المادة الوراثية للفيروس أعطى النتائج التالية الخاصة بنسبة القواعد النيتروجينية به

A=18% C=32% U=18% G=32%

ما نوع الحمض النووي الذي يمتلكه هذا الفيروس ولماذا؟

س٥، في البكتيريا تم عملية النسخ وعملية الترجمة في أن واحد . بسبب عدم وجود غشاء نووي يحيط بالمادة الوراثية.

أ- العبارتان صحيحتان وتوجد علاقة بينهما.

ب- العبارتان صحيحتان ولا توجد علاقة بينهما.

ج- العبارتان خاطئتان.

د- العبارة الأولى صحيحة والثانية خاطئة.

هـ- العبارة الأولى خاطئة والثانية صحيحة.

س٦، أي من العبارات التالية غير صحيح . ولماذا؟

١ - لا لتتحم تحت وحدتي الريبوسوم إلا أثناء ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل.

٢ - تتم عملية ترجمة mRNA من خلال ريبوسوم واحد فقط.

٣ - تملك الميتوكوندريا والريبوسومات DNA .

٤ - عدد أنواع tRNA يساوي عدد أنواع الكودون حمض أميني.

٥ - الجين هو عبارة عن البروتين الذي يحدد ظهور الصفة الوراثية.

س٧، علل لما يأتى،

- ١- شريط DNA يكون أحدهما فى وضع معاكس للأخر.
- ٢- لكسب إنزيمات الربط دورا هاما فى الثبات الورشى للتكائنات الحية.
- ٣- المحتوى الجينى للسلمندر يعادل ٣٠ مرة المحتوى الجينى للإنسان. ومع ذلك يعبر عن عدد أقل من

الصفات.

- ٤- قدرة بعض البكتيريا على تحليل DNA الفيروسي .
- ٥- وجود شفرة أنزيم النسخ العكسى فى الفيروسات التى محتواها الجينى. RNA.
- ٦- تعتبر الشفرة الوراثية دليلا على حدوث التطور.
- ٧- الفيروسات سريعة الطفرات.
- ٨- يتم بناء الألف من الريبوسومات فى الساعة .
- ٩- لا تتم ترجمة ذيل حميد الأدينين على mRNA إلى أحماض أمينية .
- ١٠- تحطفت البروتينات رغم تشابه الوحدات البنائية لها .

س٨: ما المقصود بكل من،

- البلازميد- حميد الريبوسوم - حامل الاطلاق - الجينوم البشرى - الشفرة الوراثية - مضاد الكودون
- كودون البدء - كودون الوقف.

س٩، اختر من العمود (ب) ما يناسب عبارات العمود (أ)،

(ب)	(أ)
أ- يعمل على اصلاح عيوب DNA	١- أنزيم ديوكس ريبونوكليز
ب- يفصل شريطى DNA عن بعضهما	٢- أنزيم اللولب
ج- يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا	٣- أنزيم بلمرة DNA
د- يعمل على كسر DNA فى أماكن محددة	٤- أنزيم النسخ العكسى
هـ- يضيف نيوكليوتيدات جديدة فى اتجاه ٣	٥- أنزيمات الربط
و- ينسخ mRNA من DNA	٦- أنزيمات القصر
ز- ينسخ DNA من RNA	٧- أنزيم بلمرة RNA

س١٠، قارن بين:

أ-نوكليوتيد DNA ، ونوكليوتيد RNA

ب-DNA في ألياف القوام وDNA في حقيقيات القوام.

ج-البروتينات التركيبية والبروتينات التنظيمية.

د-DNA المجهن و DNA معاد الاتحاد.

س١١، تمت معظم الدراسات الخاصة بكشف مادة الوراثة الحقيقية باستخدام الفيروسات والبكتيريا .فسر إحدى هذه التجارب التي استخدم فيها الفيروس والبكتيريا لاثبات أن مادة الوراثة هي DNA وليس البروتين .

س١٢، ما أهمية الجينوم البشري؟

س١٣، وضح باختصار خطوات تكوين البروتين بدأ من نسخ المعلومات الوراثية.